



TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

**PERENCANAAN DERMAGA BATU BARA KAPASITAS
10.000 DWT DI PULAU SELAYAR SULAWESI SELATAN**

**EGA MARGA PUTRA
NRP 3115 040 502**

Pembimbing I :

Ir. CHOMAEDHI CES, GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

Pembimbing II :

R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT– RC146599

DESIGN OF COAL DOCKS 10000 DWT CAPASITY

SELAYAR DISTRICT – SOUTH SULAWESI

EGA MARGA PUTRA
NRP 3115 040 502

Adviser I :

Ir. CHOMAEDHI CES, GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

Adviser II :

R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA
KAPASITAS 10000 DWT
DI PULAU SELAYAR, SULAWESI SELATAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Bidang D-IV Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh :



**EGA MARGA PUTRA
NRP 3115 040 502**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

03 AUG 2016

Pembimbing I :

Pembimbing II :



**C. CHOMAEDHI, CES. GEO R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST. MT
NIP. 19550319 198403 1 001 NIP. 19740203 200212 1 002**

**SURABAYA
JULI , 2016**

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Ega Marga Putra
Nrp : 3115 040 502
Jurusan / Fak. : DIV - TEKNIK SIPIL / FTSP
Alamat Kontak : Jalan Menur Jag 1, Surabaya.
a. Email : ega marga putra 309@gmail.com
b. Telp/HP : 0857 093 028 06

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusif Royalti Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERENCANAAN DERMAKA BATU BARA KAPASITAS 10.000 DWT
DIPULAU SELAYAR, SULAWESI SELATAN

Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dosen Pembimbing 1

Dosen pembimbing 2

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,

IR. CHOMAEDHI CES, GEO

R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST, MT

EGA MARGA PUTRA

NIP. 1955 0319 198403 1001

NIP. 19740203 200212 1 002

Nrp 3115 040 502

KETERANGAN:

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

PERENCANAAN DERMAGA BATU BARA KAPASITAS 10.000 DWT DI PULAU SELAYAR SULAWESI SELATAN

Mahasiswa : EGA MARGA PUTRA
NRP : 3115040502
Program Studi : Diploma 4 Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Chomaedhi CES, Geo
2. R. Buyung Anugraha A. ST. MT.

Abstrak

Dermaga batu bara yang terletak pada pulau Selayar Sulawesi Selatan merupakan dermaga yang berfungsi sebagai tempat mobilisasi batu bara untuk pembangkit listrik tenaga buap.

Dalam proyek akhir dermaga tersebut direncanakan untuk kapal Bulk Carier kapasitas 10.000 DWT meliputi perencanaan dimensi dan penulangan elemen struktur pelat dan balok, perencanaan struktur sandar dan tambat (fender dan boulder) serta pondasi. Struktur atas dermaga (plat lantai, balok dan pile cap) menggunakan beton bertulang, cor ditempatkan dengan karakteristik mutu beton $f'_c = 30$ MPa. Sedangkan struktur bawah dermaga menggunakan tiang pancang baja. Posisi pemasangan tiang pancang ini direncanakan sedemikian rupa agar mampu menahan gaya vertikal dan horisontal. Dalam perencanaan struktur dermaga ini, sistem struktur dianalisis

dengan menggunakan program SAP 2000 dengan model tiga dimensi. Penulangan struktur dan stabilitas struktur (terhadap retak dan terhadap pengaruh lendutan) SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

Dari hasil perencanaan didapatkan dimensi dermaga 153x29 m² dan dimensi trestle 550x12 m². Dimensi balok melintang dan memanjang dermaga adalah 50cm x 90cm sedang diameter tiang pancang 914,4 mm dengan tebal 16 mm dan 508mm dengan tebal 9 mm. Dimensi poer dermaga type A 1500mm x 1500mm x 1000 mm, poer dermaga type B 3000mm x 1500mm x 1500mm dan poer di trestle 1000mm x 1000mm x 1000mm. Pada struktur sandar yang dipakai adalah fender tipe Bridgestone SA 600, struktur tambat yang dipakai dapat menahan beban tambat hingga 670KN.

Kata kunci : Batu Bara, Dermaga di Pulau Selayar,

DESIGN OF COAL DOCKS 10.000 DWT CAPACITY AT SELAYAR DISTRICT, SOUTH SULAWESI

Student : EGA MARGA PUTRA
NRP : 3115040502
Study Program : Diploma 4 Teknik Sipil FTSP-ITS
Lecture Advisor : 1. Ir. Chomaedhi CES, Geo
2. R. Buyung Anugraha A. ST. MT.

Abstract

Coal Docks is located in Selayar District, South Sulawesi. Packing plant pier structure designed as a pier to make the distribution swift and detract cost of marine transportation.

In this final project is planned for 10.000 DWT ships encompass planning of dimension and reinforcement of plate and beam element structure, fender and boulder structure and foundation. Top structure of pier (floor plate, beam and pile cap) used reinforced concrete, cast in place with characteristic quality of concrete $f'_c = 30$ MPa. While bottom structure of pier used steel piles. Position installation of this piles was plan such a way as to able to resist vertical and horizontal loads. In this case of planning about structure of pier, the system of structure is analyzed by using SAP2000 program with three dimation model. Reinforcement and stability of the structure

(cracking and deflection effect) SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

Based on the results, obtained planning for pier dimensions is 153x29 m² and trestle dimension is 550x12 m². Dimensions of beam transverse and longitudinal are 50cm x 90cm while diameter of pile is 914,4 mm with 16 mm of thickness and diameter 508 mm with 9 mm of thickness. Dimensions of poer dock type A are 1500mm x 1500mm x 1000 mm,poer dock type B are 3000mm x 1500mm x 1500mm and poer trestle are 1000mm x 1000mm x 1000mm. At fender structure used fender B-type bridgestone SA 600H. The boulder structure that used can resist loads up to 670 KN.

Key words : Coal, packing Dock in Selayar District.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah.....	1
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
1.6. Lokasi Proyek	3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	5
2.2 Peraturan yang digunakan	6
2.3 Penetapan Tata Letak dan Dimensi	6
2.3.1 Elevasi Dermaga.....	6
2.3.2 Dermaga dan Dimensi Trestel	7
2.3.3 Dimensi Plat Lantai	7
2.3.4 Dimensi Balok Rencana	8
2.3.5 Dimensi Tiang Rencana	9
2.3.5.1 Penentuan Lokasi Tiang Rencana.....	9
2.3.6 Dimensi Poer	11
2.4. Pembebanan	11
2.4.1 Beban Vertikal.....	11
2.4.1.1 Beban Vertikal Pada Plat Lantai	11

2.4.1.2 Beban yang Bekerja pada Balok	12
2.4.2 Beban Horizontal.....	12
2.4.3 Beban Gempa	19
2.4.4 Kombinasi Pembebanan	24
2.5. Analisa Struktur dan Penulangan Plat	26
2.5.1 Analisa Struktur Plat.....	26
2.5.1.1 Penulangan Plat Lantai Dermaga.....	27
2.5.1.2 Kontrol Stabilitas Plat Dermaga	27
2.5.2 Analisa Struktur Balok	29
2.5.2.1 Penulangan Balok	29
2.5.2.1.1 Penulangan Lentur.....	29
2.5.2.1.2 Penulangan Torsi	29
2.5.2.1.3 Penulangan Geser.....	30
2.5.2.2 Kontrol Stabilitas Balok.....	31
2.5.3 Penulangan Poer	33
2.5.4 Daya Dukung Struktur Bawah.....	33
2.5.4.1 Daya Dukung Vertikal	33
2.5.4.2 Daya Dukung Horizontal	34
2.5.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang	35

BAB III

METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data	37
3.2. Spesifikasi Dermaga.....	37
3.3 Data Kapal.....	38
3.4 Penentuan Konsep Struktur Dermaga	38
3.5 Analisa Perencanaan Struktur	38
3.5.1 Syarat Teknis Perencanaan.....	38
3.5.2 Perencanaan Dimensi Struktur Dermaga.....	38
3.5.3 Pembebanan.....	39
3.5.4 Perencanaan Fender.....	39
3.5.5 Perencanaan Boulder	40
3.5.6 Analisa Struktur.....	40
3.5.7 Penulangan dan Kontrol Stabilitas Struktur	40
3.5.8 Penggambaran Struktur	40

3.6 Bagan Metodologi.....	41
---------------------------	----

BAB IV

PENETAPAN TATA LETAK DAN DIMENSI DERMAGA

4.1. Penetapan Tata Letak.....	43
4.1.1 Dimensi Dermaga dan Trestle.....	43
4.1.1.1 Dimensi Dermaga	43
4.1.1.1 Dimensi Trestle.....	45
4.1.2 Elevasi Apron.....	45
4.1.2.1 Elevasi Apron Dermaga.....	45
4.1.2.2 Elevasi Apron Trestle	46
4.1.3 Jarak Portal.....	46
4.2. Penetapan Dimensi.....	51
4.2.1 Tebal Plat Dermaga dan Trestle	51
4.2.2 Dimensi Balok.....	55
4.2.2.1 Dimensi Balok Dermaga.....	55
4.2.2.2 Dimensi Balok Trestle	57
4.2.3 Tiang Pancang	57
4.2.3.1 Diameter Tiang pancang.....	58
4.2.3.2 Panjang Penjepitan Tiang Pancang.....	58
4.2.3.3 Kontrol Tekuk Tiang Pancang.....	62
4.2.3.4 Pengaruh Korosi Tiang Pancang.....	63
4.2.4 Dimensi Poer	64

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1. Beban Vertikal	67
5.1.1. Beban Pada Plat.....	67
5.1.2. Beban Pada Balok	68
5.2. Beban Horizontal	69
5.2.1. Beban Tumbukan Kapal.....	69
5.2.2. Beban Tambat Kapal	76
5.2.3. Beban Crane	88
5.2.4. Beban Gempa	91

BAB VI

ANALISA STRUKTUR

6.1. Analisa Struktur	99
6.2. Model Struktur	99
6.2.1. Model Struktur Plat	99
6.2.2. Model Struktur Dermaga dan Trestle	103
6.2.3. Output Struktur	104
6.3. Penulangan dan Kontrol Stabilitas Dermaga	105
6.3.1 Plat lantai	105
6.3.1.1 Penulangan Plat	105
6.3.2 Balok Dermaga	109
6.3.2.1 Penulangan Balok	109
6.3.2.1.1 Analisa Lentur	110
6.3.2.1.2 Analisa Geser	112
6.3.2.1.3 Analisa Geser	114
6.3.3 Penulangan Poer	118
6.3.3.1 Penulangan Poer tipe A	119
6.3.3.2 Penulangan Poer tipe B	124
6.3.3.3 Panjang Penyaluran	129
6.4. Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah	132
6.4.1 Daya Dukung Batas Pondasi	132
6.4.1.1 Daya Dukung Batas Atas akibat Beban Vertikal	133
6.4.1.2 Kapasitas Daya Dukung Horizontal	136
6.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang	138

BAB VII PENUTUP

Kesimpulan	166
------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Elevasi Dermaga.....	7
Tabel 2.2 Ketentuan Penetapan Boulder	17
Tabel 2.3 Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah	24
Tabel 2.4 Angka Keamanan Gaya Tekan.....	35
Tabel 2.5 Angka Keamanan Gaya Cabut	35
Tabel 4.1 Elevasi apron diatas HWS	45
Tabel 4.2 Data Tiang Pancang Baja	58
Tabel 4.3 Panjang Penjepitan Untuk Tiang Tegak Dermaga	60
Tabel 4.4 Panjang Penjepitan Untuk Tiang Miring Dermaga.....	60
Tabel 4.5 Panjang Penjepitan untuk Tiang Pancang Trestel B.....	60
Tabel 4.6 Dimensi Poer yang Digunakan	64
Tabel 5.1 KecepatanTambat	69
Tabel 5.2 Data Kapal Rencana	69
Tabel 5.3 Tinggi dek kapal keadaan penuh dan kosong.....	73
Tabel 5.4 Dimensi Berthing Energy Kapal Ore Carrier	74
Tabel 5.5 Fender SA600H Untuk Mendapatkan Reaksi	74
Tabel 5.6 Gaya tambat hasil perhitungan angin dan arus.....	80

Tabel 5.7 Gaya tambat <i>Standard design Criteria for Ports in Indonesia</i> (1984).....	80
Tabel 5.8 Jarak pemasangan boulder berdasarkan <i>Standard Design Criteria for Ports in Indonesia</i> (1984).....	81
Tabel 5.9 Gaya dan momen tambat kapal	84
Tabel 5.10 Beban Crane	88
Tabel 5.11 Tabel penentuan jenis tanah	92
Tabel 5.12 Kelas Situs Tanah.....	92
Tabel 5.13 Tabel Nilai Fa.....	93
Tabel 5.14 Tabel Nilai Fv.....	94
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Respon Spektrum.....	96
Tabel 6.1 Resume Kontrol retak	109
Tabel 6.2 Resum Rebar Balok.....	118
Tabel 6.3 Dimensi Poer Dermagadan Trestle.....	119
Tabel 6.4 Angka Keamanan Gaya tekan	132
Tabel 6.5 Angka Keamanan Gaya cabut	132
Tabel 6.7 Daya dukung akibat beban vertikal	133
Tabel 6.8 Daya dukung akibat beban horizontal	138
Tabel 6.9 Resume kekuatan tiang pancang	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek.....	3
Gambar 2.1 Instalasi Fender Pada Dermaga	14
Gambar 2.2 Grafik Respons Spekturm Gempa	19
Gambar 2.3 Percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	20
Gambar 2.4 Peta Respons Spektra percepatan 0,2 detik probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	21
Gambar 2.5 Peta Respons Spektra percepatan 1 detik probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	22
Gambar 2.6 Panjang Tekuk Tiang Baja.....	36
Gambar 3.1 Flowchart	41
Gambar 3.2 Flowchart Lanjutan	42
Gambar 4.1 Asumsi metode unloading (bongkar muat) batubara	44
Gambar 4.2. Denah dermaga	48
Gambar 4.3. Denah Trestle A dan B	49
Gambar 4.4 Tampak Depan Dermaga	50
Gambar 4.5. Geser Pons Plat Dermaga Bagian Tepi	52
Gambar 4.6. Geser Pons Plat Dermaga Bagian Ujung	53
Gambar 4.7. Geser Pons Plat Trestle A Bagian Tengah.....	53
Gambar 4.8 Geser Pons Plat Trestle A Bagian Tepi	54
Gambar 4.9 Geser Pons Plat Trestle A Bagian Ujung.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pulau Selayar merupakan pulau kecil yang berada di Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan. Kabupaten ini merupakan kabupaten kepulauan dengan 95 persen daerahnya merupakan perairan. Sisanya, 5 persen terdiri dari 123 pulau dengan 62 pulau yang sudah dihuni. Daerah Kepulauan Selayar mempunyai potensi wisata dan industri yang tinggi, oleh karena itu kebutuhan listrik sangat diperlukan.

Karena kondisi geografis Selayar yang terpisah dari Pulau Sulawesi, membuat daerah ini minim listrik, sehingga PLN berencana akan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) berbahan batubara. Untuk itu, agar memudahkan mobilisasi batubara ke Pulau Selayar, perlu dibangun dermaga jetty. Perencanaan dermaga ini direncanakan dapat ditambahi kapal-kapal tongkang pengangkut batubara (bulk coal barge) dengan kapasitas 10.000 DWT. Sehingga dengan dibangunnya dermaga ini, diharapkan pasokan listrik di Pulau Selayar dapat terpenuhi.

1.2. Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat ditarik rumusan masalah yaitu, menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur dermaga yang mampu melayani kapal 10.000 DWT.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dalam penyusunan tugas akhir dan keterbatasan waktu pengerjaan maupun disiplin ilmu yang dikuasai. Maka perlu batasan masalah sebagai berikut :

1. Perhitungan struktur di titik beratkan pada struktur dermaga dan trestle.
2. Perumusan yang digunakan sesuai dengan literatur yang ada.
3. Desain struktur dilakukan untuk mengetahui dimensi, analisa struktur dan kontrolnya.
4. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen pelaksanaan dan arsitektural.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi dari dermaga yang meliputi: panjang, lebar, dan elevasi dermaga, serta struktur elemen dermaga yang meliputi: pelat, balok, tiang pancang, dan pile cap.
2. Menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur gedung dermaga tersebut.
3. Menganalisis gaya – gaya dalam struktur dermaga untuk menghitung kekuatan struktur dermaga dalam merespons beban – beban yang bekerja tersebut.
4. Merealisasikan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik.

1.5. Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan struktur dermaga, yang direncanakan untuk melayani kapal dengan kapasitas sebesar 10000 DWT.

2. Mendapatkan suatu desain dermaga yang mampu menahan gaya – gaya yang timbul akibat beban – beban yang bekerja pada dermaga tersebut.
3. Menambah wawasan dan pengalaman yang timbul dalam perencanaan struktur dermaga ini.
4. Dapat dijadikan sebagai referensi ilmu dalam perencanaan konstruksi Teknik Sipil.
5. Sebagai bacaan atau literature bagi penelitian selanjutnya.

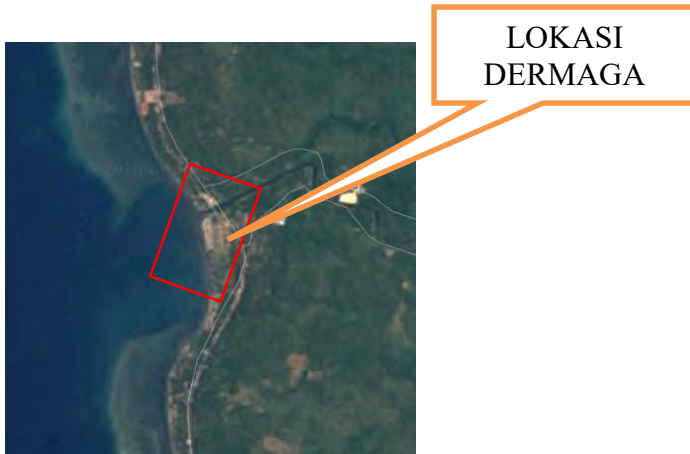
1.6. Lokasi proyek

Provinsi : Sulawesi Selatan

Ibu kota : Makassar

Kabupaten : Selayar.

Berikut Gambar peta lokasi Proyek.



Gambar 1.1 Lokasi Proyek.

Sumber : Google Maps

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam perencanaan struktur dermaga ini ada beberapa tahap yang akan dikerjakan. Tahap pertama yaitu, penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Yang mengacu pada ***Standart Design For Port in Indonesia, 1984 dan Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992.***

Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan, yang meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Untuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup. Sedangkan beban horizontal yaitu beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, dan beban gempa. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan peraturan ***Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984. Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 dan Technical Standart for Port and Harbour Facilities in Japan, 1980.***

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur pelat dan balok. Perencanaan penulangan berdasarkan peraturan ***SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung .***

Tahap keempat adalah perhitungan daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari pemodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang dari hasil penyelidikan tanah, berdasarkan buku ***Kazuto nakazawa - suyono sosrodarsono (mekanika tanah & teknik pondasi - 1990, judul asli : soil mechanics and foundation engineering.***

2.2 Peraturan yang digunakan

1. Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984
2. Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 dan Bridge Design Manual Part 3 section 5
3. Technical Standart for Port and Harbour Facilities in Japan, 1980
4. Standart Teknis Untuk Sarana – Sarana Pelabuhan di Jepang, Maret, 1995
5. Design Manual Marine Fender Bridgestone Design.
6. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung .
7. Kazuto nakazawa - suyono sosrodarsono (mekanika tanah & teknik pondasi - 1990, judul asli : soil mechanics and foundation engineering.

2.3 Penetapan Tata Letak dan Dimensi

Perencanaan dimensi dermaga ini, meliputi : elevasi dermaga, dimensi dermaga, dimensi trestel, dimensi plat, balok memanjang, tiang pancang, dan pile cap (poer).

2.3.1 Elevasi Dermaga

Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga ini didasarkan pada *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984. Tabel 6.2.5 hal: 27*, adalah $(1.05 - 1.15) \times$ syarat maximum.

Besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana didasarkan pada *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984. Tabel 7.2 hal: 29*, sebagai berikut :

Tabel 2.1 Elevasi Dermaga

	Pasang surut terbesar 3m atau lebih	Pasang Surut Kurang dari 3m
Dermaga untuk kapal - kapal yang memerlukan kedalaman air ≥ 4.5 m	0.5 - 1.5m	1.0 - 3.0m
Dermaga untuk kapal - kapal yang memerlukan kedalaman air > 4.5 m	0.3 - 1.0m	0.5 - 1.5m

Sumber : Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, (1984),
tabel 7.2

2.3.2 Dimensi Dermaga dan Dimensi Trestel.

Menurut *standart Criteria design for ports in Indinesia, 1984, table 7.1.1 hal.29* Panjang dermaga akan direncanakan $\frac{1}{2}$ Loa m atau $Loa + 10\%$ dikarenakan dermaga ini hanya untuk satu kapal. Lebar dermaga juga disesuaikan dengan kebutuhan perputaran kendaraan pengangkut batubara.

Sedangkan lebar dan panjang trestle dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga dalam memperlancar proses distribusi batubara.

2.3.3 Dimensi Plat Lantai

Pada perencanaan plat lantai dermaga, yang berfungsi penerima beban - beban mati dan beban - beban hidup dan beban – beban terpusat yang bekerja langsung diatasnya. Dimana beban yang diterima beserta beban berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder untuk menambatkan kapal.

Perhitungan kekuatan plat lantai dermaga terlentur berdasarkan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Tabel 5.2 hal. 5 – 4*, harus mempunyai tebal minimum (D) :

$$D \geq 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$D \geq 100 + 0,04 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.2)$$

Ket : D = tebal plat minimum (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat tumpuan (mm)

Untuk plat lantai yang menerus dengan 3 tumpuan atau lebih, bisa direduksi sebesar 10% dari ketebalan plat minimum.

2.3.4 Dimensi Balok Rencana

Pada dermaga, terdapat balok yang terletak di bawah plat lantai dermaga yang terdiri dari balok melintang dan memanjang. Dalam perencanaan dimensi balok melintang dan memanjang dengan metode berdasarkan *Bridge Design Manual (BDM) PPTJ, hal. 5-2* dan *BMS*.

- **Metode berdasarkan BMS**

Tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan pada ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0,066 L \dots\dots\dots (2.3)$$

Ket : D = tinggi gelagar (balok melintang dan memanjang)

L = panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

Untuk D pada gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana di atas.

- **Kontrol kelangsingan balok**

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2 hal : 6 - 47* Kontrol kelangsingan minimum balok atau gelagar digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \geq 240 \frac{b_{eff}}{D} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$k = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{3/4} \cdot \delta^{-1/2} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$I_y = \frac{1}{\beta} \left(\tan^{-1} \frac{1 + \beta h}{1 + \beta h} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$kh = 0,15 N \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

- E = Modulus Elastisitas tiang
(kg/cm²) = 2.10⁶ kg/cm²
- I = Momen Inersia tiang (cm⁴)
- h = Tinggi Pembebanan
- K_h = modulus reaksi horisontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam.
- δ = besarnya pergeseran yang akan dicari (cm) = 1 cm
- E_o = modulus deformasi tanah pondasi, E_o = 28 N
- N = nilai diambil dari percobaan penetrasi standar (standar penetrasi test) sepanjang 1 m berada
- D = diameter tiang (cm)

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, diambil persyaratan ***Technical Standart for Port and Harbour in Japan 1980*** sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

- L = Panjang tiang yang berpengaruh tekuk (mm)
- D = Diameter tiang pancang (mm)

2.3.6 Dimensi Poer

Poer (pile cap) berfungsi sebagai konstruksi penahan eksentrisitas di lapangan. Penentuan dimensi poer dalam perencanaan didasarkan pada kekuatan poer itu sendiri.

Sedangkan dalam pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi. Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 4.5.7.9 hal: 4 – 40*** adalah daerah pasang surut derajat korosi untuk perencanaan dapat digunakan = $2 \times 0.08 \text{ mm}$.

2.4 Pembebanan

Pada struktur dermaga, beban-beban yang bekerja meliputi beban-beban vertikal (beban sendiri struktur, beban lantai dan balok, beban crane dan beban truk), beban horisontal (beban benturan kapal, beban tambatan kapal, gaya gempa).

Dari hasil perhitungan beban tersebut merupakan input program SAP 2000 untuk mengetahui axial, gaya geser (shear force), momen dan torsi.

2.4.1 Beban vertikal

2.4.1.1 Beban yang bekerja pada plat lantai

➤ Beban merata

- Beban mati merata (q_D) meliputi :
 - a) Beban sendiri plat lantai kendaraan ($t = 0.35 \text{ m}$).
 - b) Beban aspal beton ($t = 8 \text{ cm}$)
 - c) Beban air hujan ($t = 5 \text{ cm}$)
- Beban hidup merata (q_L) khusus yang bekerja pada plat lantai dermaga berdasarkan ***Standart Criteria For Ports in Indonesia, 1984. Tabel 5.3 hal :16*** sebesar 3 t/m^2

➤ **Beban crane batubara**

- Berat crane : 64 t (lihat dari spesifikasi).

2.4.1.2 Beban yang bekerja pada balok

➤ **Beban merata :**

- a. Beban mati merata (qD) meliputi : beban sendiri balok.
- b. Beban hidup merata (qL), khusus bekerja pada plat lantai dermaga berdasarkan *Standart Criteria For Ports in Indonesia, 1984. Tabel 5.3 hal : 16* sebesar 3 t/m².

2.4.2 Beban Horizontal

➤ **Beban Tumbukan Kapal**

Beban tumbukan kapal diterima oleh sistem fender yang dipasang pada dermaga, diatur sedemikian rupa sehingga dapat menyerap energi benturan kapal dan dermaga.

Untuk mengetahui gaya tumbukan kapal harus merencanakan sistem fender yang akan dipasang pada dermaga tersebut. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

➤ **Energi bertambat efektif**

Energi bertambat efektif dihitung dengan rumus pada *Standart Design Criteria For Ports in Indonesia, 1984. Tabel 5.3 hal :10*. Rumus digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang akan digunakan, sehingga rumus yang akan dipakai adalah :

$$E = \frac{(W_1 + W_2)}{2g} V^2 k \dots\dots\dots (2.11)$$

Ket : E = energi tambat kapal

V	= kecepatan merapat kapal (m/s)
g	= percepatan gravitasi (m/s^2) = 9,8 m/s^2
W	= virtual weight (KN)
K	= faktor eksentrisitas = 0,5

➤ Energi bertambat kapal

Terdiri atas :

- a. Displacement weight (W_1)....(*design marine fender bridgestone*)

$$W_1 = \frac{4}{3} DWT \dots\dots\dots (2.12)$$

Ket : W_1 = Displacement weight (ton)

DWT = Dead weight Tonage Kapal (ton).

- b. Additional weight (W_2) ... (*design marine fender bridgestone*)

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot \gamma_w \dots\dots\dots (2.13)$$

Ket: W_2 = Additional Weight (KN)

D = Sarat penuh maksimum (m).

L = Panjang kapal (m)

γ_w = Berat jenis air laut (1.025 t/m^3)

- c. Virtual weight (W) ... (*design marine fender bridgestone*)

$$W = W_1 + W_2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Ket : W_1 = Displacement weight (ton)

W_2 = Additional weight (KN)

W = Virtula weight (KN)

- d. Faktor eksentrisitas (*design marine fender bridgestone*)

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Ket :

l = Jarak titik kapal dengan titik terjauh kapal dengan dermaga dengan garis dermaga (m)

r = Jari-jari girasi antar vertikal melalui titik tengah kapal dengan garis horisontal kapal (m).

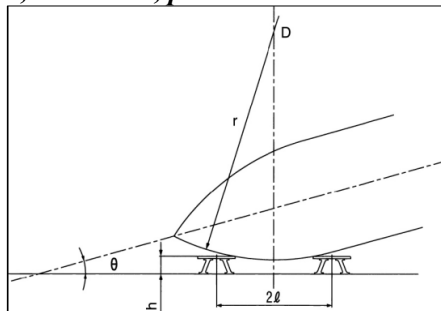
➤ Penentuan tipe dan dimensi fender

Tipe dan dimensi fender rencana harus memenuhi syarat, yaitu :

$E(\text{energi bertambat efektif}) (\text{ton}) \leq n * E_{\text{fender}}$

➤ Jarak fender

Spesi fender arah horisontal menurut *New section of fender, sumitomo, pasal 5-1 rumus 9.1* adalah :



Gambar 2.1. Instalasi Fender Pada Dermaga

$$2l \leq 2 \sqrt{h \left(\frac{B}{2} + \frac{L^2}{8B} - h \right)} \dots\dots\dots (2.16)$$

Jadi dipakai jarak antar fender 10 meter.

Ket : 2l = spasi fender (m)
 h = tebal fender (m)
 B = Lebar fender (m)
 L = Panjang kapal (m)

Pada konstruksi dermaga yang memakai sistem plat lantai diatas tiang, direncanakan fender ditempatkan pada gelagar melintang yang ditumpu langsung tiang pancang agar gaya bertambat kapal dapat diteruskan langsung ke pondasi tiang. Maka jarak fender ditetapkan 10 m (dipasang sesuai jarak tiap portal memanjang).

$$= \frac{\text{panjang bidang sentuh kapal}}{\text{Jarak portal}} + 1 \text{ fender} \dots\dots\dots(2-17)$$

Jarak portal

Dimana panjang bidang sentuh secara praktis dapat ditentukan dengan persamaan $1/12 L$ s/d $1/10 L$.

Dengan memperhitungkan operasional dermaga, maka fender yang diperhitungkan untuk menerima benturan sandar kapal hanya satu fender saja.

Jarak antar fender mengikuti jarak balok melintang dermaga.

➤ Penentuan Elevasi Fender

a) Elevasi tepi atas fender

$$H_i = \frac{H - (\delta_{maks} - H)}{\text{tg}\theta} \dots\dots\dots(2.18)$$

Ket : H_i = jarak atas fender (m)

H = tebal fender (m)

δ_{maks} = sudut kemiringan tebal fender ($^\circ$)

b) Elevasi tepi bawah fender

Penentuan elevasi tepi bawah = El. Top of Fender -

L_{fender}

➤ **Penentuan gaya reaksi fender (R)**

a) **Energi yang diserap fender (E_{fender})**

$$E_{ijin} = L_s \cdot E_{fender} / m' \dots\dots\dots (2.19)$$

Ket : E_{ijin} = Energi yang diserap (KNm)

E = Energi yang bertambat
efektif (KNm)

L_s = Panjang bidang sentuh (m)

➤ **Beban bertambat kapal (mooring force)**

Gaya tambat kapal (mooring force) akibat pengaruh gaya angin dan arus ditahan oleh alat penambat (boulder). Nilai gaya tambat yang bekerja pada boulder ditentukan dari besarnya beban yang bekerja pada boulder akibat angin dan arus, kemudian dipilih yang paling dominan.

➤ **Gaya tambat kapal akibat pengaruh angin.**

- Tekanan angin (P)

Berdasarkan *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung* (1983) **Bab 4 pasal 4.2. ayat 2 dan 3** diketahui Tekanan angin untuk bangunan dekat pantai sebesar 40 kg/m^2 , sedang Kecepatan arus maksimum rencana menurut Beban arus *Standard Design Criteria for Port and Harbour in Indonesia* adalah $3,5 \text{ m/s}$.

- Gaya akibat pengaruh angin (R)

Gaya angin dihitung menurut **Design Manual Marine Fender bridgestone Design—33** yaitu :

$$R = 0,55 \cdot \rho \cdot C \cdot U^2 \cdot (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \dots\dots\dots (2.20)$$


Ket : R = Gaya angin (Kg)

ρ = Berat jenis udara $= 0,123 \text{ kg.sec}^2/\text{m}^4$

C = Koefisien angin ($0,9 + 0,4 = 1,3$)

U = Kecepatan angin (m/s)

A = Luas bagian dengan depan/frame

- kapal diatas permukaan angin (m^2)
 B = Luas bagian samping atau lateral kapal diatas permukaan angin (m^2)
 = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal.

➤ **Gaya tambat kapal akibat pengaruh arus**

Akibat arus dihitung menurut *design Manual Fender Bridgestone design – 34* yaitu :

- 1) Dianggap arah arus menuju kapal tegak lurus dengan sumbu kapal

$$R_p = K \cdot S \cdot V_c^2 \dots\dots\dots (2.21)$$

Ket:

- R_p = gaya arus maksimum(kg)
 K = koefisien arus =1,0
 S = daerah dibawah garis sarat kapal
 = $Loa \cdot 1/3D$ (full load draft)
 V_c = kecepatan arus(m/s)

➤ **Menentukan posisi boulder pada dermaga**

Penentuan posisi boulder berdasarkan ketentuan *Standart design Criteria For Ports in Indonesia, 1984. Tabel 7.5 hal : 33.* Adalah sebagai berikut :

Tabel.2.2 Ketentuan Penetapan Boulder

Gross Tannage of ship	Max. Spacing of bollard	Min. Number of Instalition per peth
50001-20000	25	6
20001-50000	35	8

• **Perencanaan dimensi boulder**

- Menghitung reaksi – reaksi yang bekerja pada boulder untuk menentukan luas angker boulder.
- Menentukan diameter angker boulder dengan menggunakan rumus :

$$d = \sqrt{\frac{As}{\frac{1}{4}\pi}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Ket : d = Diameter boulder (mm)
As = Luas angker boulder (mm²)

- Menentukan tebal plat boulder dengan menggunakan rumus :

$$t = \sqrt{\frac{M}{\frac{1}{6}D\sigma}} \dots\dots\dots (2.23)$$

- Menentukan panjang penjangkaran baut boulder.
Panjang penjangkaran baut boulder menurut **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 hal : 5 – 126**. Untuk suatu batang kait dengan fy sama dengan 400 Mpa harus diambil sebesar :

$$L_{sf.1} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot Ab}{(2a + d_b) \sqrt{f_c'}} \geq 25xk_1d_b \dots\dots\dots (2.24)$$

Ket :

k1 = 1,0(batang memanjang lain)

k2 = 2,4(batang memanjang lain)

Ab = Luas penampang baut (mm²)

Db = Diameter baut

L_{sf.1} = Panjang penjangkaran baut boulder (mm)

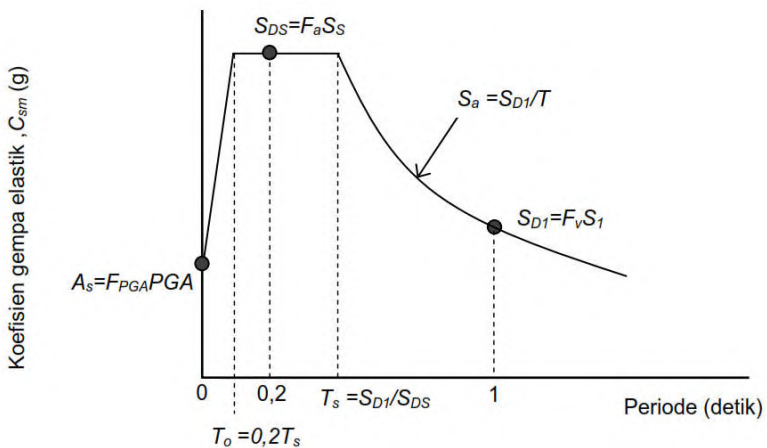
2a = dua kali selimut pada batang tulangan, atau jarak bersih antara berdekatan yang mengembangkan tegangan, nilai mana lebih kecil

2.4.3 Beban Gempa

Berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia* (1984), *hal. 10*, bahwa dalam perencanaan dermaga pengaruh dari gempa diperhitungkan, sehingga dermaga tersebut nantinya mampu menahan gempa yang terjadi.

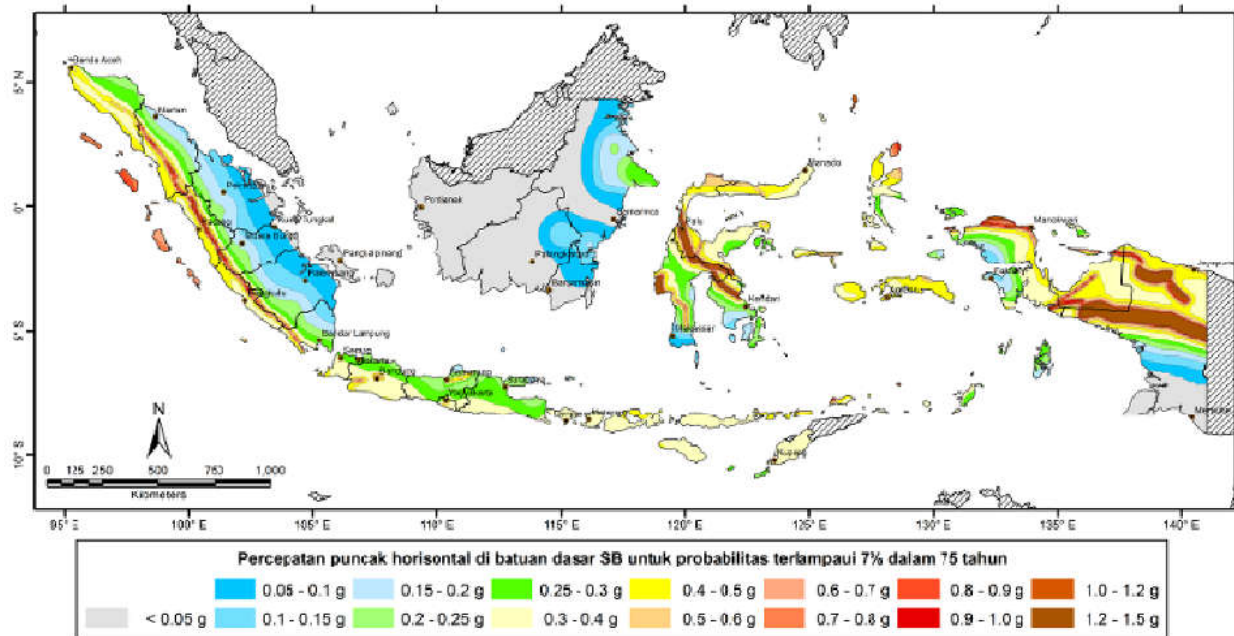
Pada perencanaan dermaga ini, beban gempa menggunakan fungsi *respons spectrum* yang di input pada program SAP 2000. Metode gempa ini menggunakan metode gempa dinamis.

Untuk menginput fungsi respons spectrum gempa pada SAP 2000 diperlukan grafik respons spektrum. Menurut *RSNI 2833-2013 Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa 2013*, grafik respons spektrum dapat dihitung sebagai berikut :

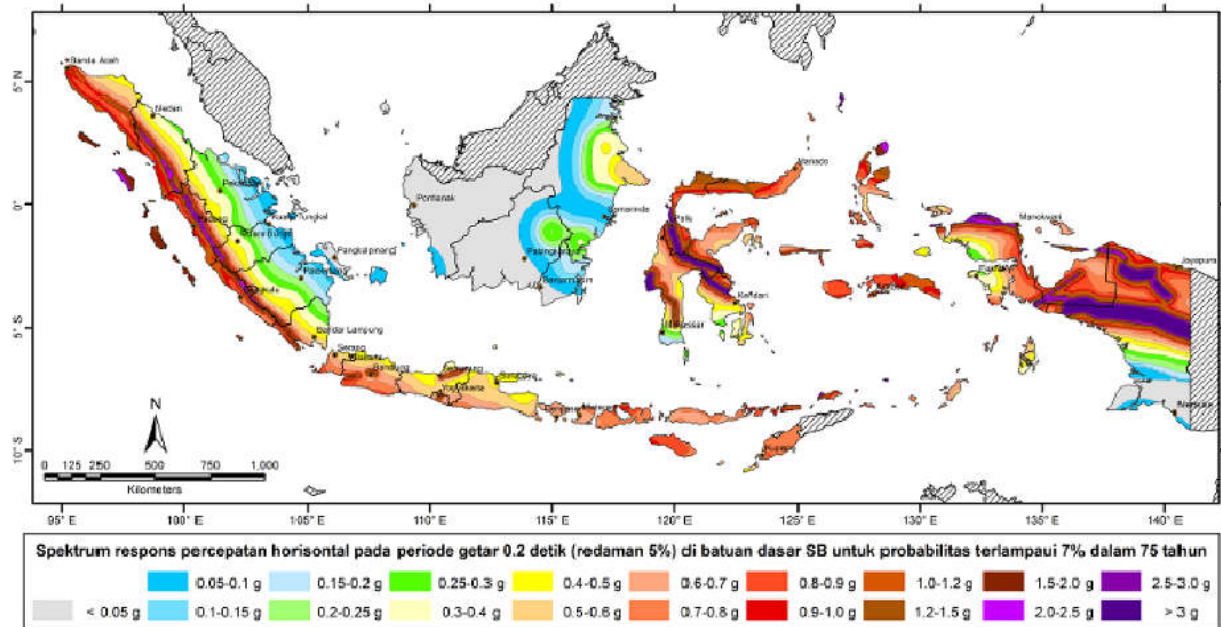


Gambar 2.2 Grafik Respons Spektrum Gempa

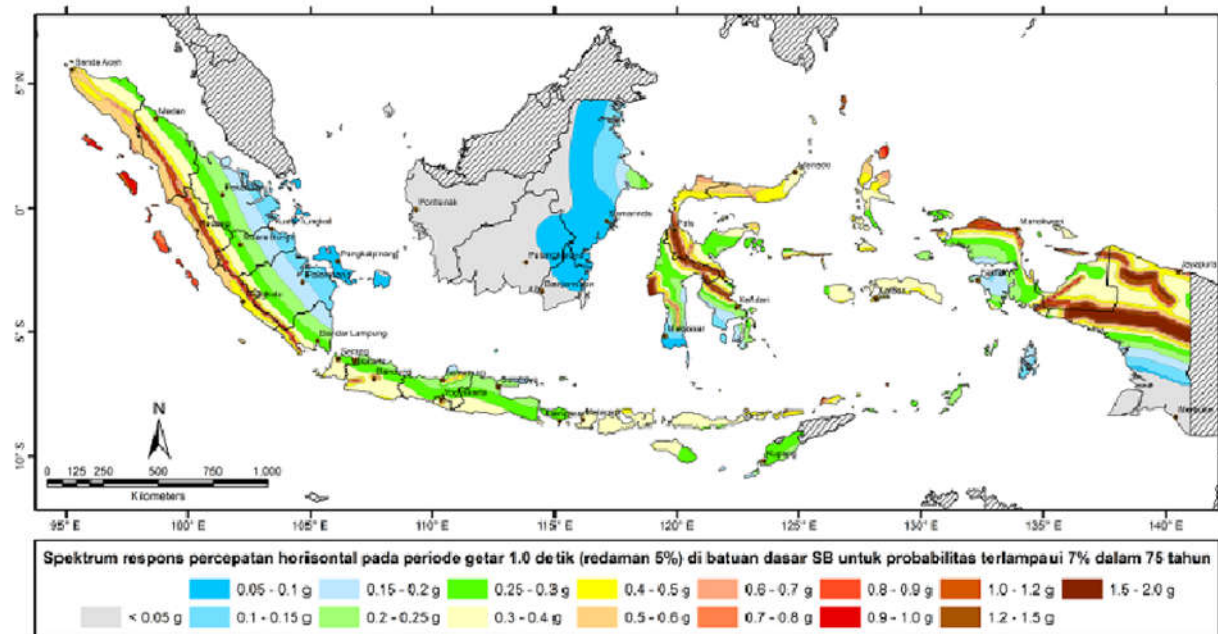
Semua variabel yang dicantumkan harus sesuai peta gempa yang di cantumkan pada gambar 2.6-2.11. gambar tersebut menjelaskan nilai koefisien elastik gempa berdasarkan wilayah gempa dan batuan dasar serta batuan dasar pada wilayah tersebut.



Gambar 2.3 percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.4 Peta Respons Spektra percepatan 0,2 detik probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.5 Peta Respons Spektra percepatan 1 detik probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Untuk mencari koefisien respons gempa elastik mempunyai 3 variabel yang harus diperhatikan, yaitu :

- Untuk $T < T_0$

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \dots \dots \dots (2.25)$$

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

- C_{sm} =Koefisien gempa elastic
- S_{DS} =Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik)
- F_{PGA} = Faktor Amplikasi periode pendek
- PGA = Percepatan puncak batuan dasar

- Untuk $T_0 < T < T_s$

$$C_{SM} = S_{DS} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana :

- C_{sm} =Koefisien gempa elastic
- S_{DS} =Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik)

- Untuk $T > T_s$

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana :

- C_{sm} =Koefisien gempa elastic
- S_{D1} =Nilai spectra permukaan tanah pada periode 1 detik

Setelah mendapatkan nilai koefisien elastic pada setiap periode gempa selanjutnya harus menentukan skala factor.

Untuk menentukan skala factor yang dibutuhkan maka harus mempertimbangkan kepentingan bangunan tersebut.

Menurut *RSNI 2833-2013 Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa 2013*, Faktor modifikasi respons (R) dapat ditentukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3. Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah

Bangunan Bawah	Kategori Kepentingan		
	Sangat Penting	Penting	Lainya
Pile tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang / Kolom beton			
Tiang Vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang Miring	1,5	1,5	2,0
Kolom Tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang Vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang Miring	1,5	2,0	3,0
Kolom Majemuk	1,5	3,5	5,0

2.4.4 Kombinasi Pembebanan

Di dalam *Standard Design Criteria For Port in Indonesia, Januari* (1984) tidak mengatur cara kombinasi pembebanan tetapi hanya mengatur besarnya beban-beban yang bekerja. Sedangkan pada *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan* (1980), *pasal 8.3 ayat 1* disebutkan bahwa beban gempa, angin dan gaya tarik boulder dianggap sebagai beban pada kondisi

husus, yaitu beban sementara. Dalam perencanaan ini dipergunakan beberapa kombinasi beban sebagai berikut :

- Untuk Dermaga :
 1. $1.2DL+1.0LL+1.6BL$
 2. $1.2DL+1.6LL+1.6ML$
 3. $1.2DL+0.3EQ_x+1.0EQ_y$
 4. $1.2DL+1.0EQ_x+0.3EQ_y$
 5. $1.2DL+1.3ML$
 6. $1.2DL+1.6BL+1.0LL+1.0CL$
 7. $1.2DL+1.6BL$
 8. $1.2DL+1.6LL+1.6CL$
 9. $1.2DL+1.3ML+1.0LL$
 10. $1.2DL+1.3ML+1.0LL+1.0CL$
 11. $1.3DL+0.3EQ_x+EQ_y$
 12. $1.3DL+EQ_x+0.3EQ_y$
 13. $DL+LL$
 14. $DL+LL+CL$
 15. $DL+BL+LL+CL$
 16. $DL+ML+LL+CL$
 17. $DL+EQ_x+0.3EQ_y$
 18. $DL+0.3EQ_x+EQ_y$
 19. $DL+0.3EQ_x+EQ_y+LL$
 20. $DL+EQ_x+0.3EQ_y+LL$
 21. $DL+0.3EQ_x+EQ_y+LL+ML+CL$
 22. $DL+EQ_x+0.3EQ_y+LL+ML+CL$
 23. $DL+ML+LL$
- Untuk Trestle
 1. $1.2DL+1.6LL$
 2. $1.2DL+1.6LL$
 3. $1.2DL+EQ_x+0.3EQ_y$
 4. $1.2DL+EQ_y+0.3EQ_x$
 5. $1.2DL+1.6LL+EQ_x+0.3EQ_y$
 6. $1.2DL+1.6LL+EQ_y+0.3EQ_x$
 7. $1.2DL+1.6LL(UDL1)+EQ_x+0.3EQ_y$
 8. $1.2DL+1.6LL(UDL2)+EQ_x+0.3EQ_y$
 9. $1.2DL+1.6LL(UDL3)+EQ_x+0.3EQ_y$

10. $1.2DL+1.6LL(UDL4)+EQ_x+0.3EQ_y$
11. $1.2DL+1.6LL(UDL5)+EQ_x+0.3EQ_y$
12. $1.2DL+1.6LL(UDL1)+0.3EQ_x+EQ_y$
13. $1.2DL+1.6LL(UDL2)+0.3EQ_x+EQ_y$
14. $1.2DL+1.6LL(UDL3)+0.3EQ_x+EQ_y$
15. $1.2DL+1.6LL(UDL4)+0.3EQ_x+EQ_y$
16. $1.2DL+1.6LL(UDL5)+0.3EQ_x+EQ_y$
17. $DL+LL$
18. $DL+EQ_x+0.3EQ_y$
19. $DL+EQ_y+0.3EQ_x$
20. $DL+LL+EQ_x+0.3EQ_y$
21. $DL+LL+EQ_y+0.3EQ_x$
22. $DL+LL(UDL1)$
23. $DL+LL(UDL2)$
24. $DL+LL(UDL3)$
25. $DL+LL(UDL4)$
26. $DL+LL(UDL5)$

dimana :

- DL = Dead Load (beban mati)
- LL = Live Load (beban hidup)
- MF = Mooring force (beban tambat)
- BL = Berthing Load (beban benturan)
- EQ X = Earthquake Load X (beban gempa arah X)
- EQ Y = Earthquake Load Y (beban gempa arah Y)
- CL = Crane Load (beban crane)

2.5 Analisa Struktur dan Penulangan

Analisa struktur dermaga, meliputi analisa struktur plat dan penulangan, analisa struktur balok dan penulangannya, kontrol stabilitas plat dan balok, penulangan poer dan shear ring dan perhitungan daya dukung struktur bawah yang secara lebih detail diberikan di bawah ini.

2.5.1 Analisa Struktur Plat

Analisa struktur Plat dengan menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur (momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y).

2.5.1.1 Penulangan Plat Lantai Kendaraan Dermaga

Kekuatan plat lantai terlentur direncanakan menggunakan tulangan rangkap dengan penulangan lentur. Penulangan plat dermaga dan trestel dihitung dengan mengambil gaya momen terbesar dari kombinasi beban yang dianalisa dengan SAP 2000.

Baja tulangan $\phi < 13 \text{ mm}$, $f_y = 240 \text{ Mpa}$

Baja tulangan $\phi \geq 13 \text{ mm}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$M_n = M_u / \phi \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$m = f_y / 0.85 \cdot f_c' \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

Rasio tulangan minimum :

$$\rho_{\min} = 1.4 / f_y \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\rho_{\max} = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

$$\rho_b = 0.75 \rho_{\max} \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

$$a = T / (0.85 \cdot f_c' \cdot b) \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \times (d - a/2) \quad \dots\dots\dots (2.38)$$

2.5.1.2 Kontrol Stabilitas Plat Dermaga

Kontrol stabilitas pada plat meliputi tinjauan terhadap retak dan lendutan sebagai berikut :

- a. Kontrol stabilitas retakan pada plat bertulang terlentur

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3** adalah bahwa retakan pada plat yang terlentur, bisa dianggap terkendali bila jarak pada titik berat ke

titik berat tulangan pada masing – masing arah tidak melampaui harga kecil dari D tulangan atau 300 mm. Artinya adalah tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang yang diabaikan.

b. Kontrol stabilitas lendutan

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3** lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian hingga :

- Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas wajar, yaitu :

$$0 < \Delta < L/300 \dots \dots \dots (2.39)$$
- Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :

$$< L/800 \text{ (untuk bentang)} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$< L/300 \text{ (untuk kantilever)} \dots \dots \dots (2.41)$$

Ket :

= Lendutan yang terjadi

c. Lendutan sesaat dan lendutan jangka panjang

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3** lendutan sesaat ditentukan sebagai berikut :

- Menentukan lendutan sesaat dari analisa struktur SAP 2000 akibat pengaruh beban tetap dan sementara.
- Menentukan lendutan jangka panjang berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3**, untuk menentukan nilai jangka panjang (Δ_{LT}) pada pelat bertulang dan gelagar lendutan sesaat akibat beban tetap maupun sementara yang ditinjau dengan nilai pengali Kcs dengan ketentuan sebagai berikut :

$$K_{cs} = 2,0 > 1,2 \cdot \frac{A_{sc}}{A_{st}} > 0,8 \dots \dots \dots (2.42)$$

Dengan $\frac{A_{sc}}{A_{st}}$ pada gelagar menerus diambil pada tengah bentang.

2.5.2 Analisa Struktur Balok

Analisa struktur dermaga dengan menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya aksial, geser, momen, defleksi dan rotasi yang terjadi pada struktur dermaga yang kemudian akan digunakan untuk mengetahui daya kekuatan dan daya layan balok.

2.5.2.1 Penulangan pada Balok

Penulangan diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok.

2.5.2.1.1 Penulangan Lentur

Penulangan lentur balok dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan lentur plat dengan persamaan berikut :

$$M_n = M_u / \phi \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

$$m = f_y / 0.85 \cdot f_c' \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

Rasio tulangan minimum :

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

$$\rho_{max} = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots (2.47)$$

$$\rho_b = 0.75 \rho_{max} \quad \dots\dots\dots (2.48)$$

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

$$a = T / (0.85 \cdot f_c' \cdot b) \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \times (d - a/2) \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

2.5.2.1.2 Penulangan Torsi

Tu dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\frac{\phi \sqrt{f_c'} }{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots (2.53)$$

Tulangan Puntir tambahan untuk menahan geser harus direncanakan dengan menggunakan persamaan :

$$T_n = \frac{2.A_o.A_t.f_{yv}}{s} . \cot \phi \dots\dots\dots (2.54)$$

Tulangan puntir tambahan untuk tulangan memanjang :

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h . \frac{f_{yv}}{f_{yt}} . \cot^2 \phi \dots\dots\dots (2.55)$$

Sedangkan tulangan puntir memanjang tidak boleh kurang dari :

$$A_{l_{min}} = \frac{5 \sqrt{f_c'} . A_{cp}}{12 f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s} \right) P_h . \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \dots\dots\dots (2.56)$$

Luas tulangan tambahan kemudian disebar merata ke 4 sisi balok.

2.5.2.1.3 Penulangan Geser

Perencanaan terhadap geser didasarkan mengacu pada SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung **SNI 2847-03-2002, pasal 13.**

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots (2.57)$$

Dan V_n adalah gaya geser terfaktor yang dihitung menurut :

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2.58)$$

Sedangkan V_c adalah kuat geser yang disumbangkan oleh beton yang dihitung menurut :

$$V_c = \frac{1}{6} . \sqrt{f_c'} . b_w . d \dots\dots\dots (2.59)$$

Cek kondisi :

Kondisi 1 :

$$V_u > \phi V_c \dots\dots\dots (2.60)$$

Tulangan geser diperhitungkan

Kondisi2:

$$V_u > 0,5 \phi . V_c \dots\dots\dots (2.61)$$

Tulangan geser minimum diperhitungkan

Perhitungan tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c \quad \dots\dots\dots (2.62)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yv} d}{s} \quad \dots\dots\dots (2.63)$$

$$\frac{A_{v_{tot}}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \quad \dots\dots\dots (2.64)$$

Sedangkan nilai A_v total minimum adalah :

$$A_v + 2A_t = 75 \cdot \sqrt{f_c'} \frac{bw \cdot s}{1200 \cdot f_{yv}} \quad \dots\dots (2.65)$$

dan nilai $A_v + 2A_t$ tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{3} bw \frac{s}{f_{yv}} \quad \dots\dots\dots (2.66)$$

Kontrol spasi :

$$S \text{ maksimum} = Ph/8 \text{ atau } 300 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (2.67)$$

2.5.2.2 Kontrol stabilitas Balok

a) Kontrol retak

Retak pada plat terjadi karena moment yang bekerja pada plat tersebut, untuk menghindari bahaya retak pada plat tersebut, harus dilakukan kontrol retak pada balok yang mempunyai lebar 800mm dan tinggi 1000mm.

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.7.4.1 sampai 6.6.3.10 hal 6-83* adalah bahwa retakan pada balok bertulang biasa dianggap terkendali bila :

1. Jarak tulangan dari pusat ke pusat (s') dekat maka yang tertarik dari balok tidak melebihi 200 mm ($s' < 200 \text{ mm}$)

2. Jarak dari tepi atau dasar balok ke pusat tulangan memanjang (d_c') jangan lebih dari 100 mm ($d_c' < 100$ mm).

b) Kontrol lendutan

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.7.4.1 sampai 6.7.4.13 sampai 6.6.5.4**, lendutan pada balok dianggap memenuhi persyaratan yang ada bila perbandingan dengan tinggi efektif tidak lebih besar dari harga yang di tentukan berikut ini :

$$\frac{L_{ef}}{d} = \left[\frac{K_1 \left(\frac{\Delta}{L_{ef}} \right) b_{ef} E_c}{K_2 F_{def}} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2.68)$$

Dengan :

- Δ/L_{ef} = batas lendutan yang dipilih sesuai dengan pasal 6.2.2.3 yaitu $L/800$
 F_{def} = beban rencana efektif untuk setiap unit panjang, diambil sebesar $= (0.1 + Kes) W + q$

Dimana :

- W = beban mati dan q beban hidup
 $K_1 = L_{ef} / (b.d)^3 = 0.045$ untuk penampang segi empat
 K_2 = Konstanta lendutan untuk balok menerus dimana pada bentang yang berdekatan perbandingan bentang panjang dan bentang pendek tidak melampaui 1.2 dan tidak ada bentang tepi yang lebih panjang dari bentang tengah, nilai $K_2 = 1/384$ untuk bentang tengah dan $1/385$ untuk bentang tepi.

2.5.3 Penulangan Poer

Penulangan pada poer (pile cap) adalah penulangan poer dengan menggunakan rumus sesuai dengan metode penulangan plat dan balok dermaga.

2.5.4 Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

2.5.4.1 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Pancang

Perhitungan tiang pancang (pondasi) meliputi :

1. Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur utama dengan menggunakan program SAP 2000, maka dapat dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang tegak dan miring.

2. Data tanah

Dari hasil penyelidikan tanah dengan *Standard Penetration Test (SPT)*, diperoleh data-data yang diperlukan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang.

Perhitungan Daya dukung tanah menggunakan perumusan dari *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi Ir. Suyono Sosro Darsono*.

a) Menentukan panjang ekivalen penetrasi tiang

- Daya dukung ujung tiang

Tentukan nilai L/D

L = panjang penetrasi tiang

D = Diameter Tiang

Diperoleh :

Q_d / N

Daya dukung ujung tiang :

$$Q_d \times A \dots\dots\dots (2.69)$$

- Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang

$$R_f = U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \dots\dots\dots (2.70)$$

l_i = tebal lapisan tanah

f_i = N (untuk tanah kohesif)

= N/5 (untuk tanah lepas (loose))

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \dots\dots\dots (2.71)$$

• Daya Dukung Ijin

Daya dukung ijin tanah diperoleh dengan cara membagi daya dukung ultimate dengan faktor keamanan (SF), nilai SF diambil sebesar 3 (SF akibat beban gempa).

$$W_p = A_{\text{penampang}} \cdot L \cdot B_{J_{\text{baja}}} \dots\dots\dots (2.72)$$

$$R_a = R_u / SF - W_p \dots\dots\dots (2.73)$$

2.5.4.2 Perhitungan Daya Dukung Akibat Beban Horisontal

Daya dukung horisontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diijinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan berdasarkan *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa*, dengan persamaan berikut ini :

$$H_{\alpha} = \frac{4EI \cdot \beta^2}{1 + \beta h} \cdot \delta_{\alpha} \dots\dots\dots (2.74)$$

dengan :

H_{α} = kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_0 \cdot y^{-0.5} \dots\dots\dots (2.75)$$

k_0 = 0,2 $E_o \cdot D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1 cm) $\dots\dots\dots (2.76)$

y = besarnya pergeseran yang dicari

E_o = modulus elastisitas tanah

$$= 28 \text{ N} \dots\dots\dots (2.77)$$

h = tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4EI}} \dots\dots\dots (2.78)$$

2.5.4.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Digunakannya angka keamanan dalam menentukan daya dukung tiang pancang dimaksudkan untuk mengantisipasi kesukaran – kesukaran dalam menentukan sifat –sifat tanah ditempat dan didekat tiang pancang setelah tiang pancang tersebut dipancang atau diberlakukan dengan cara lain. Angka keamanan daya dukung tiang pancang menurut *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan* (1980) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Angka Keamanan Gaya Tekan

Normal (Biasa)		2,5 atau lebih
Selama Gempa Bumi	Tiang Pancang Dukung	1,5 atau lebih
	Tiang Pancang Gesekan	2,0 atau lebih

Untuk angka keamanan yang membagi gaya tarik maksimum tiang pancang adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5. Angka Keamanan Gaya Cabut

Normal (Biasa)	3,0 atau lebih
Selama Gempa Bumi	2,5 atau lebih

Kekuatan tiang menahan beban vertikal dihitung menurut peraturan *PPBBI Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, pasal 4.1.1*, sehingga kekuatan tiang baja dihitung dengan persamaan :

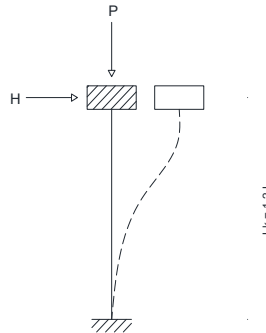
$$\bar{\sigma} \geq \omega \frac{N}{A} \quad (2.79)$$

Dengan :

$\bar{\sigma}$ = tegangan ijin baja

N = gaya tekan pada tiang

A = Luas Penampang tiang



Gambar 2.6 Panjang Tekuk Tiang Baja

$$L_k = 1,2 \cdot L \quad (2.80)$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (2.81)$$

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \sigma}} \quad (2.82)$$

$$\lambda = L_k / r \quad (2.83)$$

$$\lambda_s = \lambda / \lambda_g \quad (2.84)$$

$\lambda_s < 1$, maka nilai ω adalah 1

$$0,183 < \lambda_s < 1, \quad (2.85)$$

$$\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s} \quad (2.86)$$

$$\lambda_s \geq 1, \text{ maka } \omega = 2,381 \lambda_s^2 \quad (2.87)$$

$$P_{ijin} = \frac{\bar{\sigma} \cdot A}{\omega} \quad (2.88)$$

Panjang tiang L yang dipergunakan adalah panjang penyaluran dari perhitungan panjang penyaluran dari analisa yang dipergunakan pada input SAP2000.

BAB III METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah, sebagai berikut :

3.1. Pengumpulan Data – Data

Dalam penyusunan tugas akhir perencanaan struktur dermaga diperlakukan data sebagai berikut :

- a. Data topografi dan bathymetri
- b. Data arus.
- c. Pasang surut.
- d. Data kapal
- e. Data tanah.
- f. Jenis dermaga.

3.2. Spesifikasi Dermaga

1. Type : Dermaga Batubara PLN
2. Fungsi : Sebagai dermaga kapal yang menampung material batubara.
3. Dimensi dermaga direncanakan sesuai dengan panjang kapal berdasarkan design criteria.
4. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang
5. Direncanakan dapat disandar kapal 10000 DWT
6. Kondisi pasang surut
 - a. Kondisi pasang tertinggi (HWS) : +0,74 m MSL
 - b. Muka air rata-rata (MSL) : $\pm 0,00$ m
 - c. Kondisi surut terendah (LWS) : -0,74 m MSL
7. Letak zona gempa : zona 2

3.3 Data Kapal :

- Jenis Kapal : Kapal barang curah
(bulk carrier)
- Berat Kapal : 10000 DWT
- Panjang kapal : 138 m
- Lebar kapal : 20.2 m
- Tinggi : 10.9 m
- Draft : 8 m

(sumber : Perencanaan Pelabuhan)

3.4 Penentuan Konsep Struktur Dermaga

Dengan menggunakan metode unloading kapal bersandar di dermaga dan distribusi menggunakan truck.

3.5 Analisa Perencanaan Struktur

Analisa perencanaan struktur dermaga meliputi :

3.5.1 Syarat Teknis Perencanaan

Syarat-syarat teknis perencanaan meliputi data perencanaan, data bahan, serta jenis-jenis bahan yang bekerja pada struktur serta kombinasi beban.

3.5.2 Perencanaan Dimensi Struktur Dermaga

Langkah awal pada perencanaan struktur dermaga adalah :

1. Perencanaan dimensi dermaga.
2. Perencanaan tebal pelat dermaga.
3. Dimensi balok memanjang dan melintang.

4. Dimensi tiang pancamg rencana.
5. Dimensi poer.

3.5.3 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horizontal dan vertical dan kombinasi keduanya.

1. Beban horizontal.
 - Beban benturan kapal (berthing force).
 - Beban tambatan kapal (mooring force).
 - Beban gempa.
 - Beban angin.
2. Beban vertikal.
 - Beban sendiri.
 - Beban fender.
 - Beban boulder.
 - Beban poer.
 - Beban hidup.
3. Kombinasi pembebanan.

3.5.4 Perencanaan Fender

Fender merupakan bantalan yang menahan benturan antara kapal dengan dermaga ketika kapal dengan dermaga ketika kapal merapat.

1. Perhitungan energi tambat.
2. Jarak antar fender.
3. Pemilihan fender.
4. Elevasi fender dan gaya reaksi fender.

3.5.5 Perencanaan Boulder

Boulder merupakan alat yang berfungsi menahan kapal ketika kapal bersandar atau bertambat di dermaga agar tepat pada posisinya.

1. Gaya tambat kapal.
2. Perhitungan boulder .

3.5.6 Analisa Struktur

Analisa struktur dermaga menggunakan SAP 2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan momen yang bekerja di pelat tersebut.

3.5.7 Penulangan Dan Kontrol Stabilitas Struktur

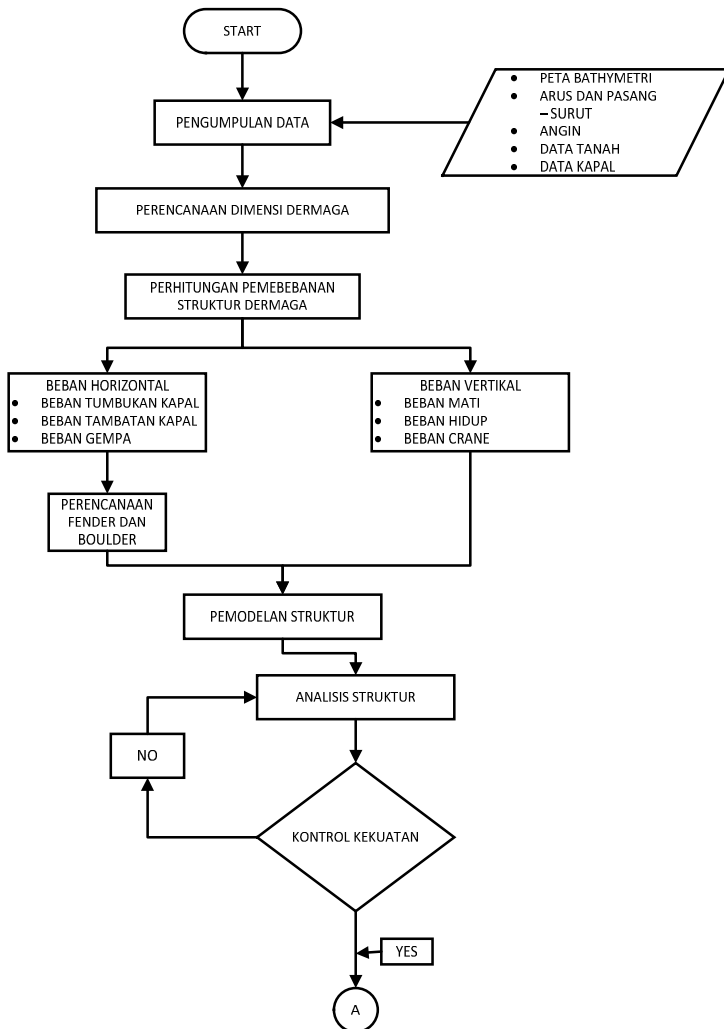
Penulangan meliputi plat, balok, memanjang, balok melintang, dan poer.

Kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur dermaga dan momen yang bekerja di pelat tersebut.

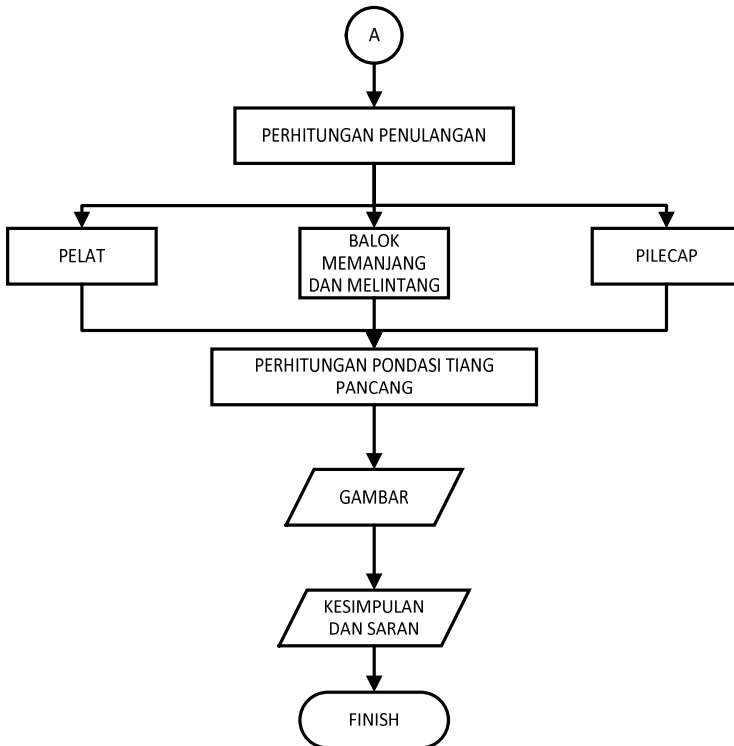
3.5.8 Penggambaran Struktur

Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur yang dilakukan menggunakan program autocad.

3.6 Bagan Metodologi



Gambar 3.1 Flowchart



Gambar 3.2 Flowchart Lanjutan

BAB IV

PENETAPAN TATA LETAK DAN DIMENSI DERMAGA

4.1 Penetapan Tata Letak

Dalam perencanaan dermaga ini dipergunakan data kapal rencana sebagai berikut :

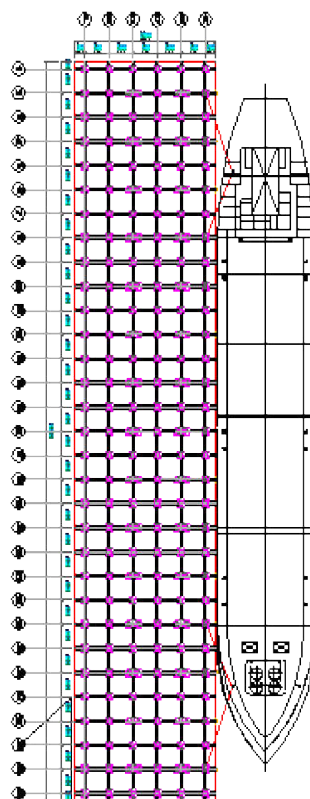
Loa	138 m
Lebar	20,2 m
Kecepatan merapat	0,15 m/det
Draft	8,0 m
Freeboard	2,1 m
Depth	10,9 m
Bobot mati	10.000 DWT
HWS	+ 0,74 mMSL

4.1.1 Dimensi Dermaga dan Trestle

4.1.1.1 Dimensi Dermaga

Penentuan awal dimensi dermaga dengan rencana menurut *Standart Criteria Design for Ports and Harbour in Indonesia, 1984*, dihitung dengan formula 1.1 Loa atau $Loa + 1,1m$. Akan tetapi, untuk menghemat dimensi dermaga, maka dermaga direncanakan sesuai dengan metode unloading muatan batubara dari kapal, panjang dan lebar dermaga direncanakan dapat memenuhi kebutuhan truk.

Dipakai panjang dermaga rencana 135 m



Gambar 4.1 Asumsi metode unloading
(bongkar muat) batubara

Sedangkan lebar apron direncanakan sesuai kebutuhan truk dan *crane* batubara yaitu 29 m, dengan memperhatikan kebebasan truk untuk bermanuver.

4.1.1.2 Dimensi Trestle

Trestle merupakan struktur jembatan penghubung dermaga dengan daratan agar dermaga terletak pada kedalaman yang diperlukan. Selain itu digunakan untuk penghubung utilitas dermaga yang diperlukan seperti pipa air, pipa bahan bakar, jaringan listrik dan sebagainya.

Direncanakan bentuk dan ukuran trestle sesuai dengan kebutuhan yang ada yaitu panjang 550 meter, lebar 12 meter untuk trestle. Trestle direncanakan dapat dilewati 2 truk dengan lebar lajur 12 meter.

4.1.2 Elevasi Apron

4.1.2.1 Elevasi Apron Dermaga

Penentuan elevasi apron (lantai) ditentukan oleh pasang surut, jenis kapal dan elevasi yang sudah ada. Berdasarkan *Standard Design Criteria for Port in Indonesia* (1984), *Tabel 7.2 hal 10* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Elevasi apron diatas HWS

	Pasang surut terbesar $\geq 3\text{m}$	Pasang surut $< 3\text{m}$
Dermaga untuk kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4.5\text{ m}$.	0.5 m - 1.5 m	1.0 m - 3.0m
Dermaga untuk kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4.5\text{ m}$	0.3 m - 1.0 m	0.5 m - 1.5 m

Sedangkan untuk elevasi apron dermaga yang diperlukan sesuai dengan Tabel 4.1 adalah sebagai berikut :

Crown Height

$$\begin{aligned}
 &= \text{HWS} + (1.0 \sim 2.0) \text{ m} \\
 &= 0,74 + (1.0 \sim 2.0) \text{ m} \\
 &= 1,74 \sim 2,74 \text{ dari MSL}
 \end{aligned}$$

Dipakai tinggi apron +2,5 mMSL untuk menghindari perbedaan ketinggian yang besar antara kapal dan dermaga. Kedalaman perairan rencana ditentukan oleh sarat penuh kapal rencana, *Standard Design Criteria for Port in Indonesia* (1984), *pasal VI.2.5 hal 27*, bahwa kedalaman perairan ditentukan dengan rumus $1,05 - 1,15 \times \text{Draft maks}$

Kedalaman kolam pelabuhan menurut *Standard Criteria for Ports and harbour in Indonesia, 1984*, adalah

$$\begin{aligned}
 &= (1.05 \sim 1.15) \times \text{Draft maks} \\
 &= (1.05 \sim 1.15) \times 8,0 \\
 &= 8,4 \sim 9,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

maka, direncanakan kedalaman kolam 9,2 m.

4.1.2.2 Elevasi Apron Trestle

Elevasi lantai trestel ditentukan oleh elevasi dermaga yaitu + 2,5 mMSL.

4.1.3 Jarak Portal

Jarak portal dermaga direncanakan sebagai berikut :

$$\text{Bentang memanjang} = 3,0 + (5 \times 30) = 153 \text{ m}$$

$$\text{Bentang melintang} = 4,0 + (5 \times 5) = 29 \text{ m}$$

Pada tiang pancang miring, kemiringan tiang pancang direncanakan untuk menahan beban – beban horizontal yang terjadi pada struktur dermaga sehingga dipakai kemiringan tiang pancang secara vertikal adalah 1 : 8 untuk dermaga.

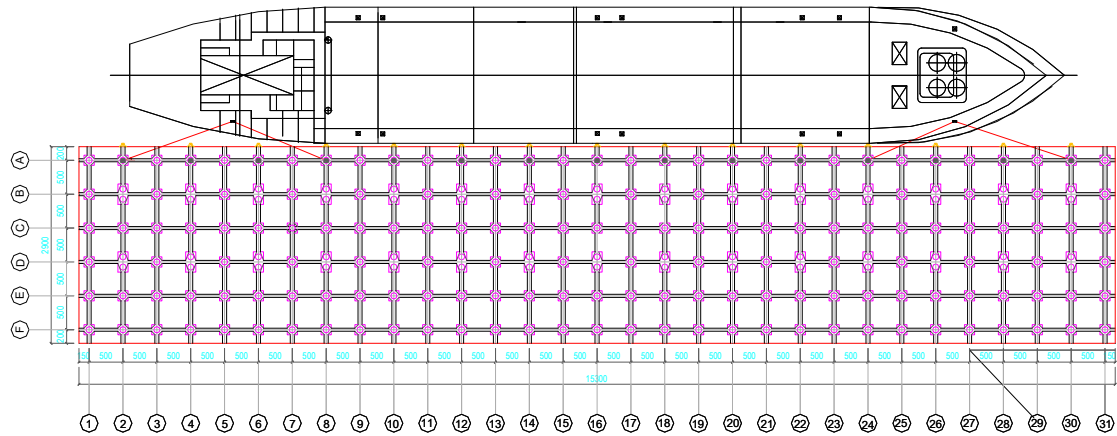
Untuk Jarak portal trestle direncanakan sebagai berikut:

$$\text{Bentang memanjang} = 5 \times 110 = 550 \text{ m}$$

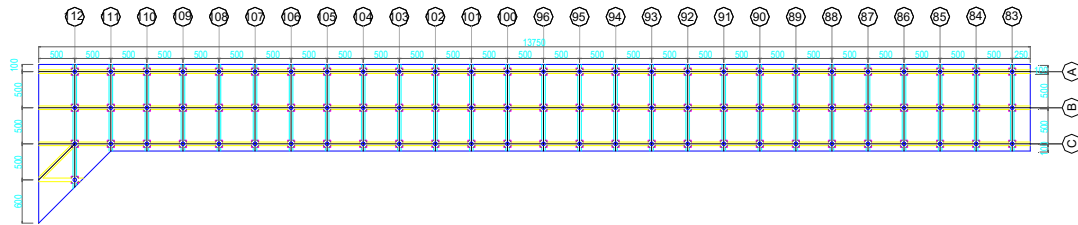
$$\text{Bentang melintang} = (2 \times 5) + (1 \times 2) = 12 \text{ m}$$

Dikarenakan bentang memanjang terlalu panjang, maka bentang memanjang trestle dibagi dalam 4 segmen, dengan masing – masing segmen panjangnya 137.5 m dan lebar 12 m.

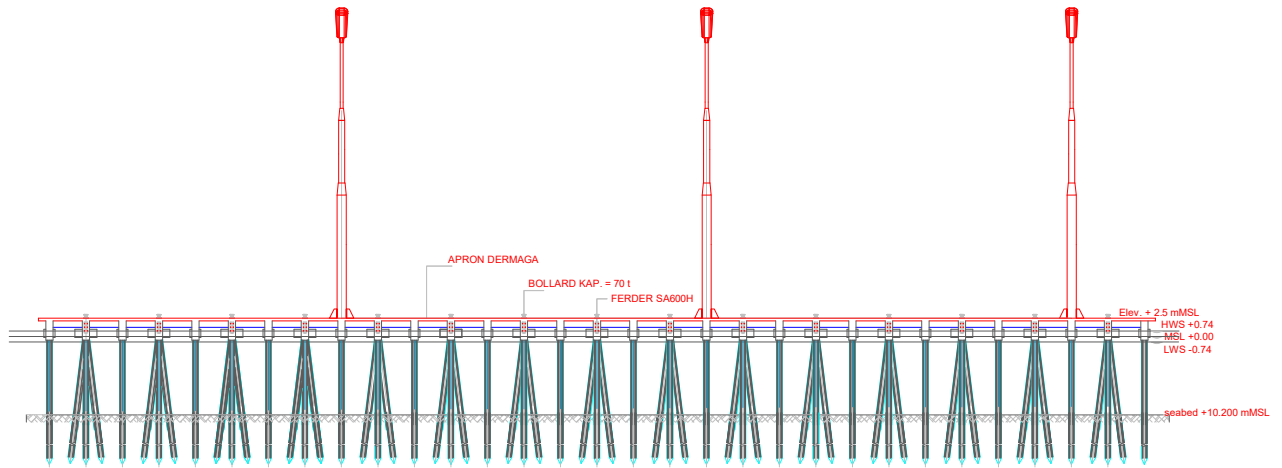
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar pada halaman berikut.



Gambar 4.2 Denah dermaga



Gambar 4.3 Denah Trestle A dan B



Gambar 4.4 Tampak Depan Dermaga

4.2. Penetapan Dimensi

4.2.1. Tebal Plat Dermaga dan Trestle

Lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban yang langsung bekerja di atasnya. Beban yang diterima beserta beban sendiri diteruskan ke balok di bawahnya. Pada lantai terdapat boulder untuk menambatkan kapal. Di atas lantai bekerja beban-beban hidup, mati dan terpusat.

Perhitungan dimensi plat lantai dermaga terlentur dapat dihitung dengan persamaan (2-4) dan (2-5) sebagai berikut :

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

$$ts \geq 100 + 40 L \text{ mm}$$

dimana : ts = tebal plat (mm)

L = jarak plat antar tumpuan (m)

Maka, tebal plat dermaga

$$ts = 100 + (0,04 \times 5000) = 300 \text{ mm}$$

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

tebal plat trestel

$$ts = 100 + (0,04 \times 5000) = 300 \text{ mm}$$

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

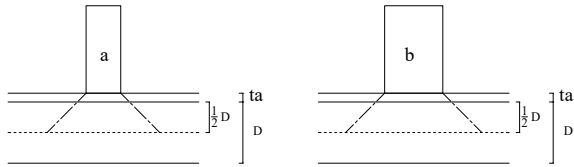
Maka, tebal plat direncanakan sesuai dengan ketentuan diatas, ts dermaga= 350 mm dan ts trestel = 300 mm. Kemampuan plat menahan beban 1 roda, dikontrol dengan metode geser ponds dimana sebagai berikut :

▪ **Plat Dermaga**
Plat Bagian Tengah

$$(1 + DLA) \times P \times 2 \leq 2[a + 2t_a + D + b + 2t_a + D] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1 + 0,4) \times 11,25.10^4 \times 2 \leq 2(200 + 2.80 + 350 + 500 + 2.80 + 350) \times 350. \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 0,6$$

$$315000 \text{ N} \leq 659458 \text{ N (OK)}$$



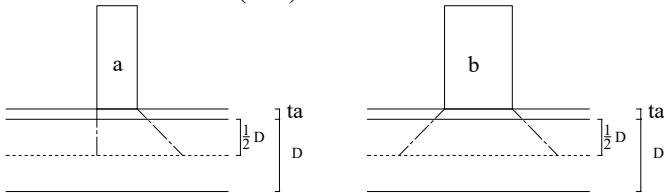
Gambar 4.8. Geser Ponds Plat Dermaga Bagian Tengah

Plat Bagian Tepi

$$(1 + DLA) \times P \times 2 \leq 2\left[a + t_a + \frac{D}{2} + b + 2t_a + D\right] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1 + 0,4) \times 11,25.10^4 \times 2 \leq 2\left(200 + 80 + \frac{350}{2} + 500 + 2.80 + 350\right) \times 350. \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 0,6$$

$$315000 \text{ N} \leq 561689 \text{ N (OK)}$$



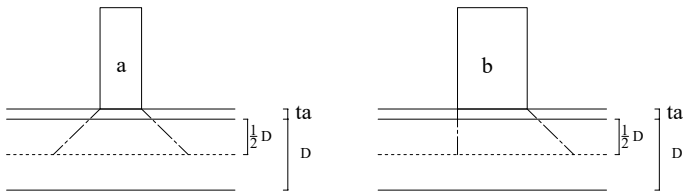
Gambar 4.5. Geser Ponds Plat Dermaga Bagian Tepi

Plat Bagian Ujung

$$(1 + DLA) \times P \times 2 \leq 2 \left[(a + 2t_a + D) + b + t_a + \frac{D}{2} \right] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1 + 0,4) \times 1,25.10^4 \times 2 \leq 2 \left((200 + 2.80 + 350) + 500 + 80 + \frac{350}{2} \right) \times 350 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 0,6$$

$$315000 \text{ N} \leq 561689 \text{ N (OK)}$$



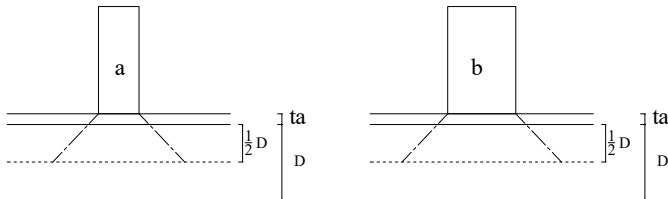
Gambar 4.6. Geser Ponds Plat Dermaga Bagian Ujung

Plat Trestel A Plat Bagian Tengah

$$(1 + DLA) \times P \times 2 \leq 2 \left[a + 2t_a + D + b + 2t_a + D \right] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1 + 0,4) \times 1,25.10^4 \times 2 \leq 2 \left((200 + 2.80 + 250) + 500 + 2.80 + 250 \right) \times 250 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 0,6$$

$$315000 \text{ N} \leq 416269 \text{ N (OK)}$$



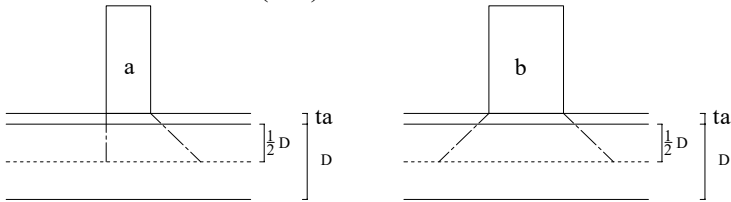
Gambar 4.7. Geser Ponds Plat Trestle A Bagian Tengah

Plat Bagian Tepi

$$(1 + DLA) \times P \times 2 \leq 2 \left[a + t_a + \frac{D}{2} + b + 2t_a + D \right] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1 + 0,4) \times 1,25 \cdot 10^4 \times 2 \leq 2 \left(200 + 80 + \frac{250}{2} + 500 + 2 \cdot 80 + 250 \right) 250 \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 0,6$$

$$315000 \text{ N} \leq 360128 \text{ N (OK)}$$



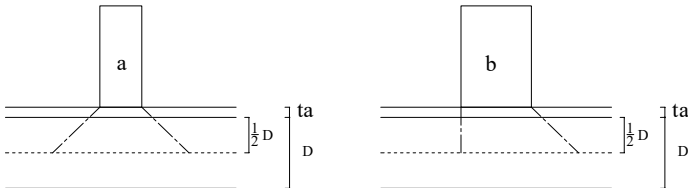
Gambar 4.8. Geser Pons Plat Trestle A Bagian Tepi

Plat Bagian Ujung

$$(1 + DLA) \times P \times 2 \leq 2 \left[(a + 2t_a + D) + b + t_a + \frac{D}{2} \right] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1 + 0,4) \times 1,25 \cdot 10^4 \times 2 \leq 2 \left((200 + 2 \cdot 80 + 250) + 500 + 80 + \frac{250}{2} \right) 250 \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 0,6$$

$$315000 \text{ N} \leq 360128 \text{ N (OK)}$$



Gambar 4.9. Geser Pons Plat Trestle A Bagian Ujung

4.2.2. Dimensi Balok

4.2.2.1. Dimensi Balok Dermaga

Balok merupakan konstruksi dibawah plat yang terdiri dari balok memanjang dan melintang. Perencanaan awal dimensi balok dihitung berdasarkan persamaan (2-6) sebagai berikut :

$$D \geq 165 + 0,06L$$

Dimana : D = tinggi balok (mm)

L = Panjang balok (mm)

Selain itu perlu kontrol kelangsingan balok menurut persamaan (2-7) dan (2-8) sebagai berikut :

$$\frac{L}{b_{ef}} \leq 240 \frac{b_{ef}}{D}$$

$$\frac{L}{b_{ef}} \leq 60$$

dimana : D = tinggi balok (mm)

L = Panjang balok (mm)

b_{ef} = Lebar balok (mm)

Perhitungan panjang balok berdasarkan ketentuan di atas sebagai berikut :

Balok memanjang (L = 5 m)

$$D > 165 + 0,06 L$$

$$b = 2/3 d$$

$$\begin{aligned}
 &\geq 165 + 0,06 (5000) &&= 2/3 (465) \\
 &\geq 465 \text{ mm} &&= 310 \text{ mm} = 350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dengan memperhatikan **BDM PPTJ, hal.5-2** bahwa tebal selimut untuk beton yang terendam air adalah 5,5 cm akan tetapi dengan mempertimbangkan lokasi dermaga yang terletak di daerah laut maka tebal selimut direncanakan sebesar 7,5 cm dengan dimensi balok memanjang 500 x 900 mm².

Kontrol kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{b_{ef}} &= \frac{5000}{500} = 10 \leq 240 \frac{b_{ef}}{D} = 240 \frac{450}{900} = 120 \\
 \frac{l}{b_{ef}} &= \frac{5000}{500} = 10 \leq 60
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{l}{b_{ef}} &= \frac{5000}{500} = 10 \leq 240 \frac{b_{ef}}{D} = 240 \frac{450}{900} = 120 \\ \frac{l}{b_{ef}} &= \frac{5000}{500} = 10 \leq 60 \end{aligned}} \right\} \text{OK}$$

Balok listplank (L = 5 m)

$$\begin{aligned}
 D &> 165 + 0,06 L &&b = 2/3 d \\
 &\geq 165 + 0,06 (5000) &&= 2/3 (465) \\
 &\geq 465 \text{ mm} &&= 310 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi direncanakan dimensi balok listplank 400 x 2500 mm

Kontrol kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \frac{L}{b_{ef}} &= \frac{5000}{400} = 12,5 \leq 240 \frac{b_{ef}}{D} = 240 \frac{400}{2500} = 38,4 \\
 \frac{L}{b_{ef}} &= \frac{5000}{400} = 12,5 \leq 60
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{L}{b_{ef}} &= \frac{5000}{400} = 12,5 \leq 240 \frac{b_{ef}}{D} = 240 \frac{400}{2500} = 38,4 \\ \frac{L}{b_{ef}} &= \frac{5000}{400} = 12,5 \leq 60 \end{aligned}} \right\} \text{ok}$$

Balok melintang (L = 5 m)

$$\begin{aligned}
 D &> 165 + 0,06 L & b &= 2/3 d \\
 &\geq 165 + 0,06 (5000) & &= 2/3 (465) \\
 &\geq 465 \text{ mm} & &= 310 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi direncanakan dimensi balok melintang 500 x 900 mm.

Kontrol kelangsingan

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{L}{b_{ef}} &= \frac{5000}{500} = 10 \leq 240 \frac{b_{ef}}{D} = 240 \frac{600}{900} = 160 \\
 \frac{L}{b_{ef}} &= \frac{5000}{500} = 10 \leq 60
 \end{aligned} \right\} \text{ok}$$

Dari perencanaan balok diperoleh dimensi :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok memanjang} &= 500 \times 900 \text{ mm}^2 \\
 \text{Balok listplank} &= 400 \times 2500 \text{ mm}^2 \\
 \text{Balok melintang} &= 500 \times 900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

4.2.2.2. Dimensi Balok Trestle

Perencanaan balok memanjang dan melintang trestle pada dasarnya sama dengan perencanaan balok dermaga. Dengan mengacu pada perencanaan balok dermaga maka dimensi balok trestel direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok memanjang} &= 500 \times 700 \text{ mm} \\
 \text{Balok melintang} &= 500 \times 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.2.3. Tiang Pancang

4.2.3.1.Diameter Tiang Pancang

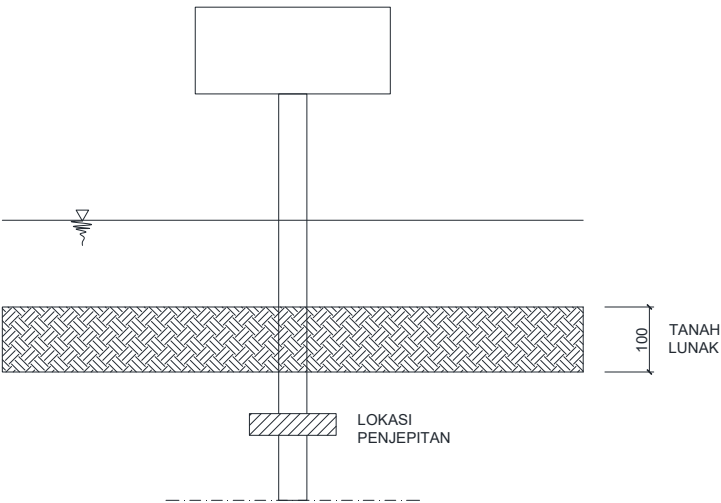
Data dimensi tiang pancang yang akan digunakan diambil dari buku *Buku Teknik Sipil*, ditunjukkan pada tabel 4.2. berikut ini :

Tabel 4.2. Data Tiang Pancang Baja

C D mm	Tebal t mm	Luas A cm ^2	Berat M	Momen Inersia I	Jari-jari Inersia i	Momen Lawan W
457.2	16	221.8	174	54000	15.6	2360
508	16	272.8	214	74900	17.4	2950
609.6	16	298.4	234	132000	21	4310
711.2	16	349.4	274	211000	24.6	5940
812.8	16	400,5	314	318000	28,2	7820

Direncanakan menggunakan tiang pipa baja (pipe pile) berdiameter 914.4 mm tebal 16 mm untuk tiang tegak dan tiang miring struktur dermaga, 508 mm trestle.

4.2.3.2. Panjang Penjepitan Tiang Pancang Baja



Gambar 4.10. Panjang penjepitan tiang pancang

Penentuan panjang penjepitan tiang pancang dimaksudkan untuk mengetahui panjang tiang pancang saat penggunaan praktis dalam perhitungan desain. Panjang penyaluran tiang pancang di lakukan pada konstruksi dermaga dan trestel .

$$D = 91.44 \text{ cm}$$

$$N = 24$$

$$kh = 0.15 \times 24 = 3.6$$

$$\delta = 1 \text{ cm}$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 455750.15 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \beta &= 1/((kh.D/4EI))^{(0.25)} \\ &= 1/(3.6 \times (91.44)/4 \times (2100000 \times 455750.15 \text{ cm}^4))^{(1/4)} \\ &= 328.4 \text{ cm} = 3.284 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

δ = Deformasi Pada tiang (5cm)

kh = Koefisien reaksi Tanah dalam arah melintang (kg/cm^3)

EI = Kekakuan lentur tubuh pondasi.

h = panjang tiang yang menonjol diatas tanah (cm).

Sehingga direncanakan panjang tiang pancang untuk dipakai sebagai data input perhitungan struktur (dengan SAP 2000) panjang jepit+ H free standing(panjang tiang yang menonjol diatas tanah) + panjang tiang yang masuk kedalam tiang(0.5m) dan untuk struktur dermaga dan untuk struktur trestel seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini

Tabel 4.3 Panjang Penjepitan Untuk Tiang Tegak Dermaga

Parameter		Unit	Ø 914.4mm
Diameter luar	D1	cm	91.44
Diameter dalam	D2	cm	88.24
Tebal	t	cm	1.6
Luas Penampang	A	cm ²	451.36
Berat	W	kg/cm	3.54
Momen Inersia	I	cm ⁴	455750.15
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm ²	2100000
Jarak As pile cap ke MSL	d	m	0.85
Kedalaman Perairan	h	m	10
h + d	e	m	10.85
Panjang total tiang		m	48.85
Panjang tiang tertanam	L	m	38
N		blow/feet	24
kh = 0.15*N		kg/cm ³	3.6
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{0.25})$	x	m	3.284
Pnjng titik jepit dr dasar	L - x	m	34.716
Tinggi Struktur		m	14.134

Tabel 4.4 Panjang Penjepitan Untuk Tiang Miring Dermaga

Parameter		Unit	Ø 914.4mm
Diameter luar	D1	cm	91.44
Diameter dalam	D2	cm	88.24
Tebal	t	cm	1.6
Luas Penampang	A	cm ²	451.36

Berat	W	kg/cm	3.54
Momen Inersia	I	cm ⁴	455750.15
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm ²	2100000
Jarak As pile cap ke LWS	d	m	0.85
Kedalaman Perairan	h	m	10
h + d	e	m	10.85
Panjang total tiang		m	48.85
Panjang tiang tertanam	L	m	38
N		blow/feet	24
kh = 0.15*N		kg/cm ³	3.6
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{0.25})$	x	m	3.284
Panjang titik jepit dr dasar	L - x	m	34.716
Tinggi Struktur		m	14.134

Tabel 4.5. Panjang Penjepitan untuk Tiang Pancang Trestel B
D60.96 mm

Parameter		Unit	Ø 508mm
Diameter luar	D1	cm	50.8
Diameter dalam	D2	cm	47.6
Tebal	t	cm	1.6
Luas Penampang	A	cm ²	247.18
Berat	W	kg/cm	1.94
Momen Inersia	I	cm ⁴	74909.04
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm ²	2100000
Jarak As pile cap ke LWS	d	m	1.3

Kedalaman Perairan	h	m	9.5
h + d	e	m	10.8
Panjang total tiang		m	48.8
Panjang tiang tertanam	L	m	38
N		blow/feet	24
kh = 0.15*N		kg/cm3	3.6
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{0.25})$	x	m	2.422
Pnjng titik jepit dr dasar	$\frac{L}{x}$	m	35.578
Tinggi Struktur		m	13.222

4.2.3.3. Kontrol Tekuk Tiang Pancang Baja

Untuk memperhitungkan pengaruh tekuk baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen dihitung dengan persamaan (2-13) sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70$$

dimana :

L = panjang tiang yang berpengaruh tekuk (mm)

D = diameter tiang (mm)

Kontrol tekuk

- Tiang ϕ 914.4

$$\frac{L_{tekuk}}{D} \leq 60 - 70$$

$$\frac{16.96}{0,914} \leq 60$$

$$18.556 \leq 60 \text{ OK}$$

Sehingga tiang pancang baja tersebut diatas dapat digunakan. Selanjutnya direncanakan pile cap (poer) yang berfungsi sebagai konstruksi penahan eksentrisitas di lapangan dengan mengandalkan kekakuan pile cap.

4.2.3.4. Pengaruh Korosi Tiang Pancang Baja

Pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi terhadap usia rencana dermaga (± 50 tahun). Sesuai dengan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (1980), **Tabel 2.11. hal 80** ketebalan tiang yang terkena air laut (laju korosi = 0,1 mm/th) bertambah :

$$\pm (0,1 \text{ mm/th} \times 50 \text{ th}) = \pm 5 \text{ mm}$$

Jadi dimensi tiang terpasang tiang pipa baja (pipe pile) berdiameter 914.4 mm tebal 16 mm untuk struktur dermaga, trestel 508 mm. Untuk mempertahankan ketebalan tiang dari pengaruh korosi, maka tiang diberikan perlindungan dengan menggunakan coating dan metode perlindungan katode, sehingga memperpanjang jangka waktu layan tiang. Adapun coating yang digunakan menggunakan coating dari Dulux Protective Coating dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada lampiran. Ketebalan coating yang digunakan menyesuaikan dengan jangka waktu layan yaitu 50 tahun, sehingga digunakan coating dengan ketebalan 500 micron (0,5 mm). Sedangkan untuk perlindungan tambahan, maka tiang diberikan perlindungan terhadap korosi dengan metode lindungan katode, yaitu dengan mengalirkan arus listrik ke tiang sehingga

mencegah reaksi kimia yang menyebabkan korosi pada tiang pancang.

4.2.4. Dimensi Poer

Dimensi poer berdasarkan ukuran tiang pancang dan jumlah yang terpasang disajikan dalam bentuk tabel 4.7. berikut ini.

Tabel 4.6 Dimensi Poer yang Digunakan

Type	Dimensi Poer (mm)	Jumlah Tiang	Keterangan
A	1500 x 1500 x 1500	1	Tiang tegak dermaga
B	3000 x 1500 x 1500	2	Tiang miring dermaga
C	100		

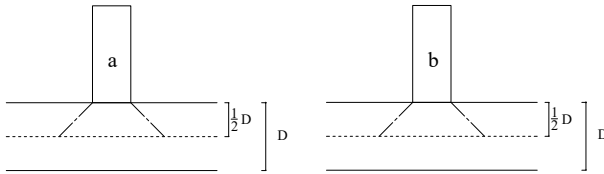
Kemampuan poer menahan beban kerja, dikontrol dengan metode geser ponds sebagai berikut :

Poer Type A

$$(1 + DLA) \times P_x \leq 2[a + D + b + D] \times D \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times \phi$$

$$(1+0.4) \times (152,9475 \times 10^4) \times 2 \leq 2(812,8+812,8+(2 \times 1500)) \times 1500 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{(30')} \times 0.6$$

$$428,253 \text{ N} < 760,064 \text{ N OK}$$



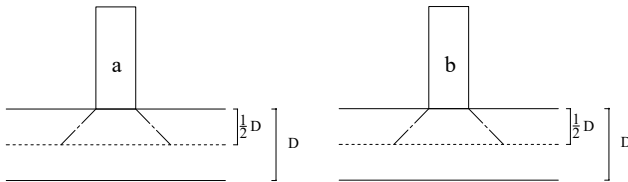
Gambar 4.11. Geser Pons Poer Type A Bagian Tengah

Poer Type B

$$(1+DLA) \cdot P \cdot 2 < 2(a + b + 2D) D \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0,4) 190,23 \cdot 10^4 \cdot 2 < 2(812,8 + 812,8 + 2 \cdot 1500) 1500 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 0,6$$

$$532,644 \text{ N} < 760,064 \text{ N}$$



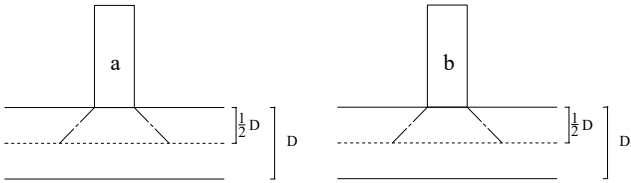
Gambar 4.12. Geser Pons Poer Type B Bagian Tengah

Poer type A (untuk 1 tiang) bagian trestle

$$(1 + DLA) x P x 2 = 2[a + D + b + D] x D x \frac{1}{6} x \sqrt{f_c'} x \phi$$

$$(1 + 0,4) x 66.008.10^4 x 2 = 2(609.6 + 1000 + 609.6 + 1000) \cdot 1000 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 0,6$$

$$1848022 \text{ N} \leq 3526457 \text{ N (OK)}$$



Gambar 4.13. Geser Pons Poer Pada Trestle

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1. Beban Vertikal

Beban vertikal yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban sendiri struktur dan beban hidup. Dari hasil perhitungan tersebut akan dimasukkan dalam analisa program komputer SAP 2000 untuk menghitung gaya yang bekerja pada struktur.

5.1.1. Beban Yang Bekerja Pada Plat

Beban yang bekerja pada plat dermaga adalah sebagai berikut :

- Beban mati merata
 - Berat sendiri plat ($t = 0,35\text{m}$) $= 0,35 \times 2,5 = 0,88 \text{ t/m}^2$
 - Berat aspal ($t = 0,08\text{m}$) $= 0,08 \times 2,2 = 0,18 \text{ t/m}^2$
 - Berat air hujan ($t = 0,05\text{m}$) $= 0,05 \times 1,0 = 0,05 \text{ t/m}^2$
 - ---
 - $qD \text{ plat} = 1,11 \text{ t/m}^2$
- Beban hidup merata (khusus yang bekerja pada plat dermaga ocean going), berdasarkan *Standard Design Criteria for Port in Indonesia pasal V.2 tabel 5.3 hal 16* adalah sebesar 3 t/m^2 .
- Beban terpusat
Beban roda kendaraan

Beban hidup yang bekerja diatas plat lantai dermaga selain beban merata juga berupa beban terpusat T. Berdasarkan *SNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan, pasal 6.4.1*, beban 'T' adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.3 pada BAB II bahwa beban roda truk adalah sebesar $2 \times 11,25 \text{ ton}$ untuk roda badan dan $2 \times 2,5 \text{ ton}$ untuk roda kepala truk trailer.

Perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dengan tebal yang memikul

beban dalam satu arah dinyatakan lebar manfaat sebagaimana yang terlihat pada gambar 2.3 pada BAB II adalah sebagai berikut :

- Arah bentang $L_y = a = 20 + 2 (22,5) = 65 \text{ cm}$
- Arah bentang $L_x = b = 50 + 2 (22,5) = 95 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$

Beban hidup pada trestel menurut ***SNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan, pasal 6.3*** adalah sebagai berikut:

- Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (UDL) dan beban garis (KEL).
 - Beban "D" merata (UDL)
 Untuk $L(137,5 \text{ meter panjang trestle}) > 30 \text{ m}$
 $q = 9.0(0.5+15/L) \text{ Kpa}$
 $= 9.0(0.5+15/137,5) = 0.5482 \text{ ton/m}^2$
 Dimana : q = Beban hidup terbagi merata
 - Besarnya beban 'D' garis adalah sebesar (KEL):
 $P = 49 \text{ kN/m}$
 Beban KEL harus dikalikan dengan faktor Dynamic Load Allowance(DLA).
 $P = 4.9 \times 1.4 = 6.86 \text{ ton/m.}$

5.1.2. Beban yang bekerja pada balok

Beban yang bekerja pada balok akibat beban plat dermaga adalah sebagai berikut :

- Beban mati merata
 - Berat sendiri plat ($t = 0,35\text{m}$) $= 0,35 \times 2,4 = 0,88 \text{ t/m}^2$
 - Berat aspal ($t = 0,08\text{m}$) $= 0,08 \times 2,2 = 0,176 \text{ t/m}^2$
 - Berat air hujan ($t = 0,05\text{m}$) $= 0,05 \times 1,0 = 0,05 \text{ t/m}^2$
-
- $q_D \text{ plat} = 1,106 \text{ t/m}^2$
- Beban hidup merata (khusus yang bekerja pada plat dermaga), berdasarkan ***Standard Design Criteria for Port in Indonesia***(1980) ***pasal V.2 tabel 5.3 hal 16*** adalah sebesar 3 t/m^2 .

5.2. Beban Horizontal

5.2.1. Beban Tumbukan Kapal

- Energi bertambat efektif

Beban tumbukan kapal diterima oleh sistem fender. Fender merupakan bantalan yang di tempatkan di depan dermaga atau struktur sandar kapal yang berfungsi untuk menyerap energy benturan kapal terhadap struktur dermaga. Akibat benturan kapal menimbulkan energy tambat efektif (E) yang dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini. Rumus ini digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang akan digunakan, sehinggadipakai rumus sesuai persamaan (2-14) :

$$E = \frac{(W_1 + W_2)}{2g} \cdot V^2 \cdot k$$

Untuk menentukan kecepatan bertambat (V) menggunakan *Standard Design Criteria for Port in Indonesia*(1984) adalah :

Tabel 5.1 KecepatanTambat

TONNAGE		BERTHING VELOCITY		
	DWT	Difficult	Moderate	Favorable
1	10000	0,15	0,20	0,10

Berdasarkan tabel di atas dan berat kapal 10000 DWT maka kecepatan bertambat direncanakan 0,15 m/s.

Tabel 5.2 Data Kapal Rencana

JENIS KAPAL	KAPAL ORE CARRIER
Tonnage	10000 DWT
Panjang kapal (L)	138 m
Lebar kapal(B)	20,2 m
Tinggi kapal (H)	10,9 m
Sarat penuh maks. Kapal (D)	8,0 m

Kecepatan merapat	0,15 m/s
-------------------	----------

Sumber : Perencanaan Pelabuhan, Bambang T.

Dalam perencanaan ini, metode merapat kapal menggunakan berthing quarter points approach. Energi tambat yang digunakan adalah kapal rencana 10000 DWT yang bertambat pada dermaga, maka dapat dihitung sebagai berikut :

- **Untuk kapal 10000 DWT**

$$W_1 = 4/3 \text{ DWT (displacement weight)}$$

$$= 4/3 \times 10000 = 13333,333 \text{ Ton} = 133333,33 \text{ KN}$$

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \rho \text{ (additional weight)}$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 8^2 \times 138 \times 1,025 = 7112,914 \text{ Ton} = 71129,14 \text{ KN}$$

Diasumsikan titik merapat berada pada $1/4 L$, dan nilai l dan r adalah $1/4 L$, sesuai dengan ketentuan yang diberikan pada Marine Design Fender, hal-12, point 1, maka harga dari $K = 0,5$.

$$k = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)} = \frac{1}{1 + (1)} = 0,5$$

Berthing Energy :

$$E = \frac{(W_1 + W_2)}{2g} V^2 k$$

$$= \frac{(13333,333 + 7112,914)}{2 \times 9,8} 0,15^2 \times 0,5$$

$$= 11,4893 \text{ Tm} = 114,893 \text{ kNm}$$

- Pemilihan tipe dan dimensi fender

Dengan menggunakan pertimbangan energy tambat yang dibutuhkan oleh kapal maka memakai tipe fender **Bridgestone** dengan data – data sebagai berikut :

- **Untuk dermaga :**
 - Fender Vertikal
 - SA 600H
 - H = 600 mm
 - L = 2000 mm
 - R = 139 Ton
 - E = 23,8 Tm
 - $\delta_{maks} = 50 \%$
 - Rubber grade = R1
- Jarak fender

Pada konstruksi dermaga yang memakai sistem plat lantai diatas tiang, direncanakan fender ditempatkan di sepanjang dermaga. Jarak fender pada balok dermaga ditetapkan tiap 10 m (dipasang pada portal yang tiang pancang miring).

Dimana panjang bidang sentuh secara praktis dapat ditentukan dengan persamaan $1/12 L$ s/d $1/10 L$, dimana L adalah panjang kapal, sehingga didapat 11,5 – 13,8 m. Maka jumlah fender untuk kapal 10000 DWT (freighter) guna service diatas dermaga adalah

$$= \frac{10}{6} + 1 = 3 \text{ buah}$$

Dengan memperhitungkan operasional dermaga, maka fender yang diperhitungkan untuk menerima benturan sandar kapal satu fender dengan posisi vertikal.

- Pemasangan fender

Letak fender pada dermaga harus direncanakan sehingga fender dapat mengenai kapal pada saat merapat. Posisi

pemasangan fender ditentukan oleh elevasi tepi atas fender terhadap lantai dermaga dan elevasi tepi bawah fender terhadap tinggi dek kapal bermuatan penuh saat surut terendah.

- Elevasi fender

- Elevasi tepi atas fender

Defleksi (δ) maksimal = 50% x H = 300 mm, dianggap bahwa sudut lambung kapal dengan bidang vertical dermaga adalah 30° . Maka jarak tepi atas fender (h_i) terhadap lantai dermaga sesuai dengan persamaan (2-18) adalah :

$$h_o = \text{freeboard} \cdot \sin 30 = 1100 \text{ mm}$$

$$h_1 = \frac{(H - \delta_{\text{maks}} \times H)}{\text{tg}\theta}$$

$$h_1 = \frac{(600 - 50\% \times 600)}{\text{tg}30} = 624 \text{ mm} = 0,624 \text{ m}$$

$$h_i = (\text{Elv. Apron -HWS}) - h_o + h_1$$

$$= (2500 - 740) - 1100 + 624 = 1021.58 \text{ mm}$$

$$h_i = 600 \text{ mm}$$

Sehingga elevasi tepi atas fender (MSL)

$$= +2.5 \text{ m LWS} - 0.624 \text{ m}$$

$$= +1,876 \text{ m MSL}$$

- Elevasi tepi bawah fender

Berdasarkan pertimbangan praktis letak fender harus ditetapkan sedemikian hingga kapal rencana dapat merapat dengan aman. Elevasi tepi bawah fender ditentukan dengan mempertimbangkan tinggi dek kapal rencana yang bermuatan penuh pada saat surut terendah. Tinggi dek kapal pada saat

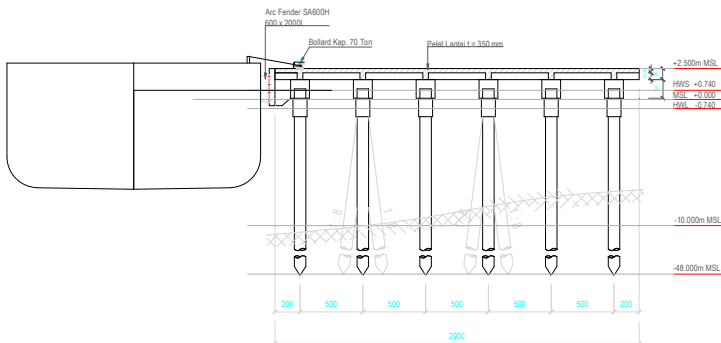
penuh adalah $H - D$. Sedangkan ketika dalam keadaan kosong, tinggi dek kapal adalah $H - 1/3D$.

Tabel 5.3 Tinggi dek kapal keadaan penuh dan kosong

Kapal Rencana	10000 DWT
Tinggikapal (H)	10,9
Sarat penuh maks (D)	8,00
Tinggi dek kapal keadaan penuh ($H - D$)	2,9
Tinggi dek kapal keadaan kosong ($H - 1/3D$)	8,23

Maka elevasi tepi bawah fender adalah :

- Elevasi tepi bawah fender
 $= +1,876 - 2,0 = -0.124 \text{ m MSL}$



Gambar 5.1 Posisi fender terhadap kapal 10000 DWT

- Gaya reaksi fender

Bidang sentuh kapal rencana 10000 DWT adalah 200 cm untuk fender dengan posisi vertikal. Energi yang dapat diserap fender pada saat kapal merapat adalah sebagai berikut :

Berthing Energy = 11,7 Tm

Tabel.5.4 Dimensi Berthing Energy Kapal Ore Carrier

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.1	2.5	4.0
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.6	3.6	5.6
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.1	4.7	7.4
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.6	5.9	9.0
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.1	7.0	10.5
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,160	3.6	8.1	12.1
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.1	9.2	14.0
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	18.0
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.2	14.0	21.0

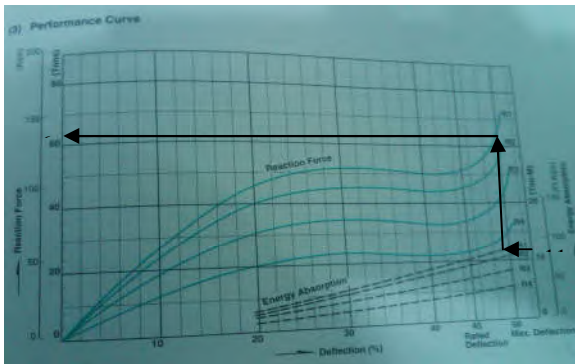
Sumber : Marine Fender bridgestone

Tabel.5.5 Fender SA600H Untuk Mendapatkan Reaksi

(2) Performance		R1				R2				R3				R4			
Length (m)	Performance	45 %		50 %		45 %		50 %		45 %		50 %		45 %		50 %	
		R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
		Tons	Ton-M	Tons	Ton-M	Tons	Ton-M	Tons	Ton-M	Tons	Ton-M	Tons	Ton-M	Tons	Ton-M	Tons	Ton-M
		Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips
1.0		53.5	10.2	69.5	11.9	44.9	9.1	60.6	10.6	33.7	6.8	45.5	8.0	22.5	4.6	30.4	5.3
		113.6	73.8	153.2	86.1	99.0	65.8	133.6	76.7	74.3	49.2	100.3	57.9	49.6	33.3	67.0	38.9
1.5		77.3	15.3	104.3	17.9	67.4	13.7	90.9	15.9	50.6	10.2	68.3	12.0	33.8	6.9	45.6	8.0
		171.1	107.7	230.4	129.5	148.6	99.1	200.4	115.0	111.6	73.8	150.6	85.8	74.5	49.5	100.5	57.9
2.0		63.0	20.4	139.0	23.8	89.8	18.2	121.2	21.2	67.4	13.6	91.0	16.0	45.6	9.2	60.8	10.6
		137.1	147.6	306.5	172.2	198.0	131.7	267.2	153.4	148.6	98.4	200.7	115.8	99.2	66.6	134.1	76.7
2.5		128.8	25.5	173.8	29.6	112.3	22.8	151.5	26.5	84.3	17.0	113.8	20.0	56.3	11.5	76.0	13.3
		284.0	184.5	383.2	215.6	247.6	165.0	334.1	191.7	165.9	123.0	250.9	144.7	124.1	83.2	167.6	96.2
3.0		154.5	30.6	208.5	35.7	134.7	27.3	181.8	31.8	101.1	20.4	136.5	24.0	67.5	13.8	91.2	15.9
		340.7	221.4	459.7	258.3	297.0	197.5	400.9	230.1	222.9	147.6	301.0	173.6	148.8	99.6	201.1	116.0

R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance: ± 10%

Sumber : Marine Fender bridgestone



Gambar.5.2 Grafik gaya reaksi dari Berthing energy.

Sumber : *Marine Fender bridgestone*

Untuk Fender Posisi Vertikal ($L = 2,0\text{m}$)

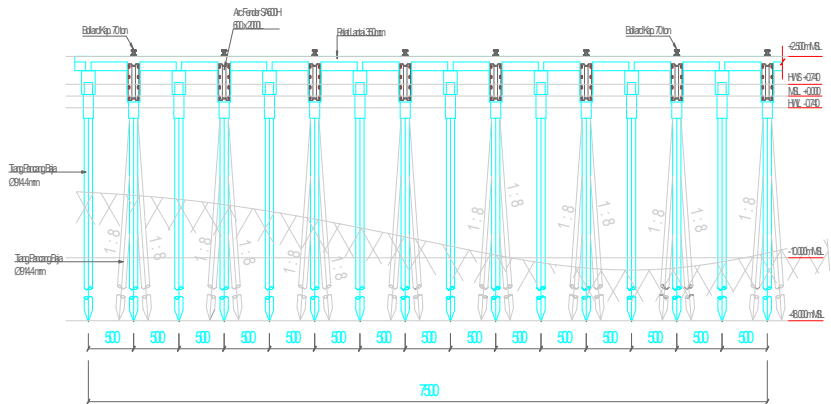
Untuk mendapatkan Energy Berthingnya

= Energy Kapal x L fender

= $11,7 \times 2,0 = 23,4 \text{ Tm}$ maka yang didapat dari tabel adalah 23,8 Tm.

Karena bidang sentuh 1.3 m maka Berthing Energynya

= $23,8/2,0 = 11,9 \text{ Tm}$ untuk gaya reaksinya didapatkan dari gambar garafik seperti gambar diatas, dan diperoleh = 61,8 Tm.



Gambar 5.3 Pemasangan Fender Pada Dermaga

5.2.2. Beban Tambat Kapal (Mooring Force)

Kekuatan boulder ditentukan berdasarkan pengaruh gaya akibat angin dan arus yang bekerja pada kapal yang sedang bertambat. Arah angin yang berhembus meninggalkan dermaga akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada boulder. Apabila cuaca sangat buruk, kapal tidak dapat bertambat untuk lego jangkar, sehingga kekuatan boulder ditentukan atas dasar kecepatan angin dan arus maksimum yang diijinkan.

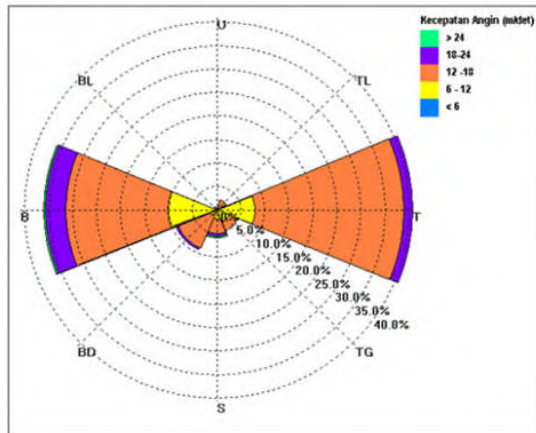
- Gaya akibat angin

Gaya angin yang diperhitungkan disini adalah gaya angin yang bekerja pada bagian kapal yang terletak di atas permukaan air (tegak lurus dengan sumbu kapal dan sejajar sumbu kapal). Tinggi kapal di atas permukaan air dipengaruhi

oleh kapal dalam keadaan sarat penuh dan kosong. Bagian kapal yang terendam pada saat kapal kosong adalah sepertiga tinggi draft kapal.

Perhitungan tinggi kapal saat kondisi kapal penuh atau kosong sebagai berikut:

1. Kondisi kapal penuh (D') = $10.9 \text{ m} - 8.0 \text{ m} = 2.90 \text{ m}$
2. Kondisi kapal kosong (D'') = $10.9 \text{ m} - (1/3D) \text{ m} = 8.23 \text{ m}$



Gambar 5.4 Wind Rose

Berdasarkan windrose diatas, dapat diketahui kecepatan angin maksimum pada tahun 1996 – 2013, yaitu , 24 m/det.

Maka gaya akibat angin yang terjadi dihitung sesuai dengan persamaan (2-20) sebagai berikut:

Kapal penuh

Arah tegak lurus ($\theta = 90^\circ$)

$$\begin{aligned} B &= D' \times L_{oa} \\ &= 2.9 \times 138 = 400.2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_w &= \frac{1}{2} \rho \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \\ &= \frac{1}{2} \times 0,123 \times 1,3 \times 24^2 \times 400,2 \\ &= 18429,69 \text{ kg} \\ &= 18,43 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Arah sejajar ($\theta = 0^\circ$)

$$\begin{aligned}
 A &= D' \times \text{lebar} \\
 &= 2,9 \times 20,2 = 58,580 \text{ m}^2 \\
 R_w &= \frac{1}{2} \rho \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,123 \times 1,3^2 \times 24^2 \times 58,58 \\
 &= 2697,68 \text{ kg} \\
 &= 2,70 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Kapal kosong

Arah tegak lurus ($\theta = 90^0$)

$$\begin{aligned}
 B &= D' \times \text{Loa} \\
 &= 8,23 \times 138 = 1136,2 \text{ m}^2 \\
 R_w &= \frac{1}{2} \rho \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,123 \times 1,3 \times 24^2 \times 1136,2 \\
 &= 52323,37 \text{ kg} \\
 &= 52,32 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Arah sejajar ($\theta = 0^0$)

$$\begin{aligned}
 A &= D' \times \text{lebar} \\
 &= 8,23 \times 20,2 = 166,31 \text{ m}^2 \\
 R_w &= \frac{1}{2} \rho \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,123 \times 1,3 \times 24^2 \times 166,31 \\
 &= 7658,78 \text{ kg} \\
 &= 7,659 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- **Gaya akibat arus**

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada dermaga dan alat penambat (boulder). Kecepatan arus maksimum rencana menurut Beban arus menurut *Standard Design Criteria for Port and Harbour in Indonesia* adalah 3,5 m/s.

Gaya arus bekerja pada arah tegak lurus ($\theta = 90^0$) dan sejajar ($\theta = 0^0$) kapal terhadap dermaga. Gaya arus dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2-21) sebagai berikut :

- **Kapal penuh**

Arah tegak lurus ($\theta = 90^0$)

B searah dengan sumbu kapal

$$= D \times \text{Loa}$$

$$= 8 \times 138 = 1104 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 0,5 \times P_{\text{sw}} \times C \times g \times V^2 \times B \\ &= 0,5 \times 102,9 \times 1,25 \times 9,8 \times 0,5^2 \times 1104 \\ &= 173952,45 \text{ N} = 17,395 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Arah sejajar ($\theta = 0^\circ$)

S searah dengan sumbu kapal

$$= D \times \text{Lebar kapal}$$

$$= 8 \times 20,2$$

$$= 161,6 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 0,14 \times S \times Vc^2 \times g \\ &= 0,14 \times 161,6 \times 0,5^2 \times 9,8 \\ &= 55,4288 \text{ N} = 0,005543 \text{ T} \end{aligned}$$

Kapal kosong

B tegak lurus dengan sumbu kapal

$$= 1/3 D \times \text{Loa}$$

$$= 2,67 \times 103 = 368,46 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 0,5 \times P_{\text{sw}} \times C \times g \times V^2 \times B \\ &= 0,5 \times 102,9 \times 1,25 \times 9,8 \times 0,5^2 \times 368,46 \\ &= 58056,63 \text{ N} = 5,806 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Arah sejajar ($\theta = 0^\circ$)

S searah dengan sumbu kapal $= 1/3 D \times \text{Lebar kapal}$

$$= 2,67 \times 20,2$$

$$= 53,934 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 0,14 \times S \times Vc^2 \times g \\ &= 0,14 \times 53,934 \times 0,5^2 \times 9,8 \\ &= 18,499 \text{ N} = 0,00185 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Beban tambat rencana

Besarnya beban yang digunakan sebagai beban tambat rencana adalah besarnya beban yang bekerja pada boulder akibat angin dan arus kemudian dipilih yang dominan dari beberapa beban tersebut yang tercantum pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.6 Gaya tambat hasil perhitungan angin dan arus

Kondisi Kapal	Gaya Arus (kg)		Gaya Angin (kg)	
	Tegak Lurus	Sejajar	Tegak Lurus	Sejajar
Penuh	17395.00	5.54	18429.69	2697.68
Kosong	5806.00	1.85	52323.37	7658.93

Sesuai dengan tabel 5.6. gaya boulder 52323,37 kg akibat beban angin kapal dalam keadaan kosong dan 17395 kg akibat beban arus. Dalam perhitungan boulder, satu boulder dianggap menahan 0,5 beban maka beban yang harus dipikul oleh boulder adalah:

$$T = 0,5 \times (52323,37 + 17395) = 69718,37 \text{ kg} = 697,184 \text{ kN}$$

Sedangkan berdasarkan peraturan yang ada, gaya tambat berdasarkan tabel 5.2. *Standard design Criteria for Ports in Indonesia, (1984), hal. 15*, gaya tarik rencana pada boulder di bawah ini :

Tabel 5.7. Gaya tambat *Standard design Criteria for Ports in Indonesia (1984)*

Gross Tonnage	Gaya Tarik (KN)
3001 - 5000	500
5001 - 10000	700

- Penempatan boulder

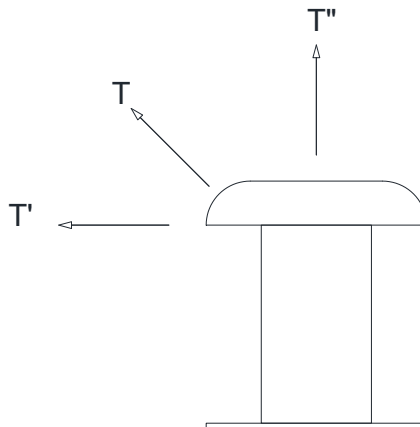
Berdasarkan ketentuan *Standard design Criteria for Ports in Indonesia (1984) tabel 7.5. hal 3*, berlaku ketentuan seperti terlihat pada tabel 5.7 :

Tabel 5.8 Jarak pemasangan boulder berdasarkan ***Standard Design Criteria for Ports in Indonesia***(1984)

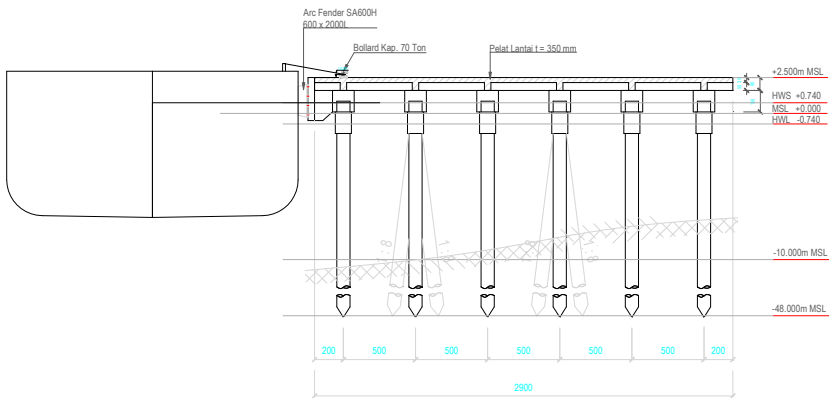
Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Instalation per Perth
2000 - 5000	15	6
5000 - 10000	20	8

Letak boulder dipilih pada portal dimana dipasang tiang pancang miring (batter pile) pada dermaga.

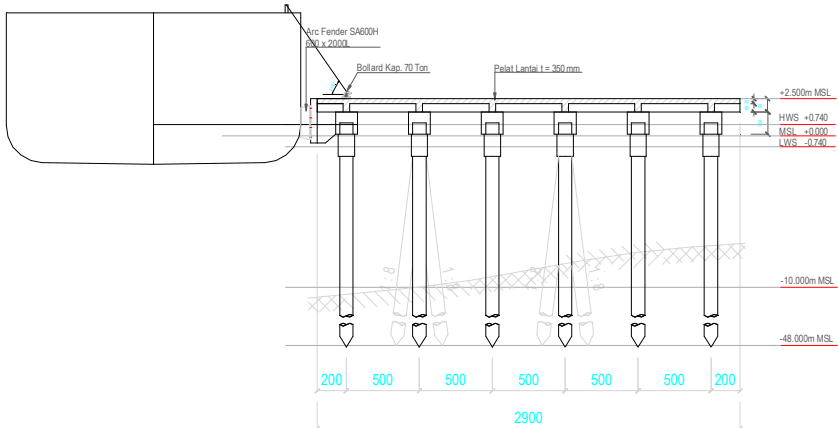
Boulder menerima gaya cabut dari kapal dengan membentuk sudut tertentu terhadap bidang datar. Sehingga pada analisa gaya tersebut diuraikan menjadi gaya-gaya vertikal dan horisontal. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.5 Uraian gaya tarik boulder



Gambar 5.6. Posisi taliambat kapal penuh terhadap dermaga



Gambar 5.7. Posisi taliambat kapal bulk carrier (batubara) terhadap dermaga

Posisi (sudut horisontal) sumbu terhadap sumbu dermaga 19.61^0 . Maka sudut bidang datar dengan tali berdasarkan tali kapal rencana 10.000 DWT kosong adalah:

Beban rencana boulder berdasarkan pada 2 kondisi di atas $T = 697,184$ KN. Sudut kapal saat keadaan kosong dengan kondisi LWS adalah 47^0 , sedangkan dalam kondisi HWS adalah 55^0 .

Kondisi HWS

Gaya cabut $T'' = 697,184 \sin 55^0 = 571,100$ KN

$T' = 697,184 \cos 55^0 = 399,888$ KN

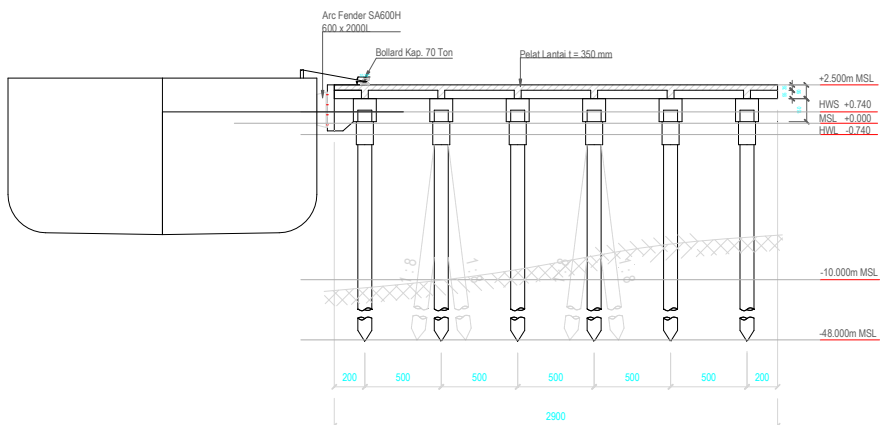
$M = 571,1 \times 0.175 + 399,888 \times 0.225 = 189,917$ KNm

Kondisi LWS

Gaya cabut $T'' = 697,184 \sin 47^0 = 509,888$ KN

$T' = 697,184 \cos 47^0 = 475,478$ KN

$M = 509,888 \times 0.175 + 475,478 \times 0.225 = 196,213$ KNm



Gambar 5.8. Keadaan kapal berdasarkan kondisi muatan kapal

Tabel 5.9 Gaya dan momen tambat kapal

Gaya	Kondisi penuh (kN)		Kondisi Kosong (kN)	
	HWS	LWS	HWS	LWS
T'	685.992	685.620	399.888	475.656
T''	124.419	-126.453	571.100	509.722
M	176.122	132.135	189.917	196.224

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)										
Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	381	419	438	457	564	648	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	546	586	559
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	196	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	189	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

Gambar 5.9. Spesifikasi Bollard Tee

$$Cc \left(d - \frac{x}{3} \right) + V \left(\frac{1}{2}h - d \right) - M = 0$$

$$3240x \left(440 - \frac{x}{3} \right) + 103.008 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{2} \cdot 440 - 40 \right) - 77.145 \cdot 10^6 = 0$$

$$1425600x - 1080x^2 - 58603617.06 = 0$$

$$x^2 - 1320x + 54262.61 = 0$$

$$\sum V = 0$$

$$V + Cc - T = 0$$

$$103.008 \cdot 10^3 + 0,5.0,45 \cdot fc' \cdot b \cdot x - As \cdot fy = 0$$

$$103.008 \cdot 10^3 + 0,5.0,45 \cdot 30.480 \cdot x - As \cdot 400 = 0$$

$$103.008 \cdot 10^3 + 3240 x - As \cdot 400 = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{1320 \pm \sqrt{1320^2 - 4 \cdot 1.54262.61}}{2 \cdot 1}$$

$$= \frac{1320 \pm 1235.05}{2 \cdot 1}$$

$$x_1 = \frac{1320 + 1235.05}{2 \cdot 1} = 1278 \text{ mm}$$

$$x_2 = \frac{1320 - 1235.05}{2 \cdot 1} = 42 \text{ mm}$$

Momen ditinjau dari tepi penampang

Dipakai $x_2 = 42 \text{ mm}$

Disubstitusikan ke persamaan (1)

$$103.008 \cdot 10^3 + 3240x - A_s \cdot 400 = 0$$

$$103.008 \cdot 10^3 + 3240(42) - A_s \cdot 400 = 0$$

$$A_s = 597.72 \text{ mm}^2$$

Direncanakan gaya cabut diterima 4 angker, maka :

$$A_s = \frac{598}{4} = 150 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A_s}{\frac{1}{4}\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{150}{\frac{1}{4} \cdot 3.14}} = 13,82 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$$

Jadi dipasang angker dengan D16 mm

Perhitungan tebal plat boulder berdasarkan persamaan yaitu :

$$T = \sqrt{\frac{M}{\frac{1}{6} D \sigma}}$$

$$T = \sqrt{\frac{77.145 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} 440 \cdot 1600}} = 25.641 \text{ mm}$$

Kecepatan korosi untuk baja berdasarkan tabel 2.11 *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan (1980)*, diperoleh laju korosi 0,3. Jadi untuk ketahanan

dalam jangka waktu 50 tahun , tebal plat bollard dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$T = 25.641 + (0,3 \cdot 50) = 40.641 \text{ mm}$$

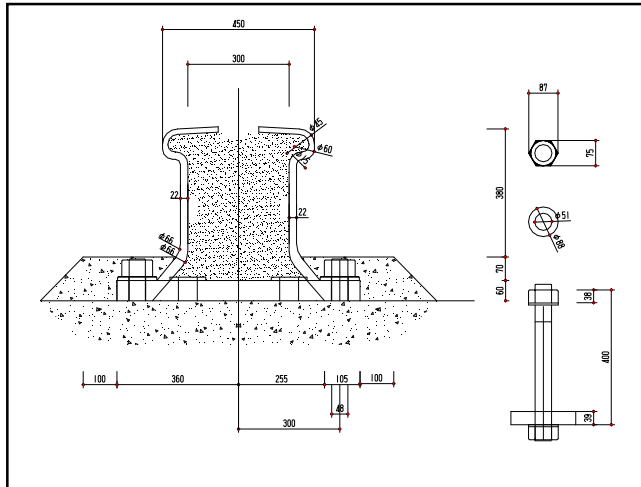
Sehingga tebal plat bollard dipasang dengan tebal $T = 50 \text{ mm}$.

Panjang penjangkaran baut boulder berdasarkan persamaan 2.24 bahwa nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tarikan yaitu dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{sf.t} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot Ab}{(2a + d_b) \sqrt{f_c'}} \geq 25xk_1d_b$$

$$L_{sf.t} = \frac{1.2 \cdot 2.400 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2}{(2 \cdot 40 + 16) \sqrt{30}} \geq 25 \times 1 \times 16$$

$$L_{sf.t} = 367,087 \text{ mm} < 400 \text{ mm, diambil } L_{sf.t} = 400 \text{ mm}$$



Gambar 5.10. Panjang penjangkaran angker boulder

5.2.3. Beban Crane

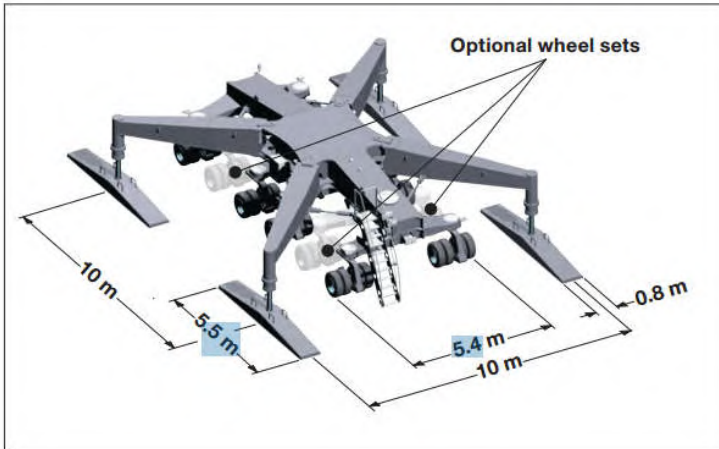
Crane yang digunakan adalah LHM 180 Liebherr.

Beban crane dapat dihitung dengan :

Tabel 5.10

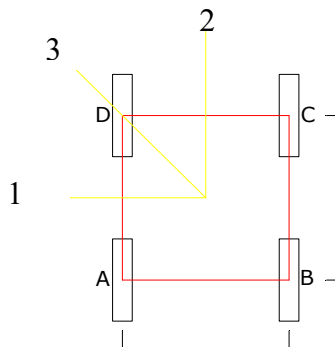
radius	Max Crane Capacity (t)	Momen
9	64	576
10	64	640
11	64	704
12	64	768
<u>13</u>	<u>63.5</u>	<u>825.5</u>
14	58.9	824.6
15	54.7	820.5
16	50.6	809.6
17	46.9	797.3
18	43.5	783
19	40.2	763.8
20	37.1	742
21	34.9	732.9
22	32.3	710.6
23	30.4	699.2
24	28.4	681.6
25	26.8	670
26	25.1	652.6
27	23.8	642.6
28	22.3	624.4
30	20	600
32	18	576
34	16.2	550.8
35	15.3	535.5

Dari tabel 5.10 diatas diperoleh momen maksimum terjadi pada radius 13 m dengan kapasitas maksimum crane 63.5 t, berat sendiri crane 165 t.



Gambar 5.11 konfigurasi pad crane LHM 180

Untuk menghitung beban pada masing – masing pad crane di hitung dengan cara mekanika teknik.



Kondisi 1 dan 2

$$\begin{aligned}
 \sum M_A &= 0 \\
 &= -B_v \times 10 + W \times 5 - P \times (r - 0.5 \times 10) \\
 &= -B_v \times 10 + 165 \times 5 - 63.5 \times 8 \\
 \sum M_A &= -B_v \times 10 + (825 - 508) \\
 B_v &= \frac{317}{10} = 31.7 \text{ t} / 2 = \mathbf{15.85 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

Jadi beban perluasan pad

$$= \frac{15.85}{(5.5 \times 0.8)} = \mathbf{3.602 \text{ t/m}^2}$$

$$\begin{aligned}
 \sum M_B &= 0 \\
 &= A_v \times 10 - W \times 5 - P \times (r + 0.5 \times 10) \\
 &= A_v \times 10 - 165 \times 5 - 63.5 \times 18 \\
 \sum M_B &= A_v \times 10 - (825 - 1143) \\
 A_v &= \frac{1968}{10} = 196.8 \text{ t} / 2 = \mathbf{98.4 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

Jadi beban perluasan pad

$$= \frac{98.4}{(5.5 \times 0.8)} = \mathbf{22.364 \text{ t/m}^2}$$

Kondisi 3

$$\begin{aligned}
 \sum M_D &= 0 \\
 &= -B_v \times 14.14 + W \times 7.07 - P \times (r - 0.5 \times 14.14) \\
 &= -B_v \times 14.14 + 165 \times 7.07 - 63.5 \times 5.93 \\
 \sum M_D &= -B_v \times 14.14 + (1166.55 - 376.555)
 \end{aligned}$$

$$B_v = \frac{789.995}{14.14} = 55.87t / 2 = \mathbf{27.935\ t}$$

Jadi beban perluasan pad

$$= \frac{27.935}{(5.5 \times 0.8)} = \mathbf{6.349\ t/m^2}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned} &= D_v \times 14.14 - W \times 7.07 - P \times (r + 0.5 \times 14.14) \\ &= D_v \times 14.14 - 165 \times 7.07 - 63.5 \times 20.1 \end{aligned}$$

$$\sum M_B = D_v \times 14.14 - (1166.55 - 1274)$$

$$D_v = \frac{2440.995}{14.14} = 173t / 2 = \mathbf{86.5\ t}$$

Jadi beban perluasan pad

$$= \frac{86.5}{(5.5 \times 0.8)} = \mathbf{19.659\ t/m^2}$$

5.2.4. Beban Gempa (Earthquake Force)

Beban Gempa merupakan salah satu beban horisontal yang bekerja pada struktur dermaga dan trestel. Pengaruh beban gempa pada struktur dermaga dan trestel yang diterima oleh tiap portal yang diteruskan ke pondasi.

Pada perencanaan ini beban gempa dianalisa dari 2 arah yaitu arah memanjang dermaga (sumbu Y) dan arah melintang (arah X) dermaga. Pada input program SAP 2000 diasumsikan untuk arah melintang dermaga mendapatkan beban horisontal 100% sedang pada arah memanjang mendapatkan beban gempa sebesar 30% dan sebaliknya.

Untuk struktur dermaga dan trestle akan direncanakan sesuai dengan ***SNi Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa 2013*** dan dipilih diperencanaan dengan Rangka

Pemikul Momen Biasa, dengan metode analisa gempa respons spektrum, ditentukan sebagai berikut :

- Daerah : Laut
- Zone daerah gempa : Zone 2
- Keadaan tanah : Tanah sedang
- Koefisien kondisi tanah (A_0) : 0,05
- Faktor gempa regional (C) : 0,05
- Koefisien keutamaan bangunan : 1
- Koefisien reduksi beban hidup : 1

Tabel 5.11 Tabel penentuan jenis tanah

LAPIS	NSPT	DEPTH	TEBAL	$\lambda = TBL/NSPT$?N	N = 30/?N
0	0	0	0	0	1.3875306	21.621145
1	24	2.5	2.5	0.1041667		
2	21	4.5	2	0.0952381		
3	27	6.5	2	0.0740741		
4	24	8.5	2	0.0833333		
5	31	10.5	2	0.0645161		
6	31	12.5	2	0.0645161		
7	31	14.5	2	0.0645161		
8	29	16.5	2	0.0689655		
9	32	18.5	2	0.0625		
10	37	20.5	2	0.0540541		
11	40	22.5	2	0.05		
12	10	24.5	2	0.2		
13	19	26.5	2	0.1052632		
14	42	28.5	2	0.047619		
15	39	30.5	2	0.0512821		
16	43	32.5	2	0.0465116		
17	43	34.5	2	0.0465116		
18	51	36.5	2	0.0392157		
19	52	38.5	2	0.0384615		
20	56	40	1.5	0.0267857		

Tabel 5.12 Kelas Situs Tanah

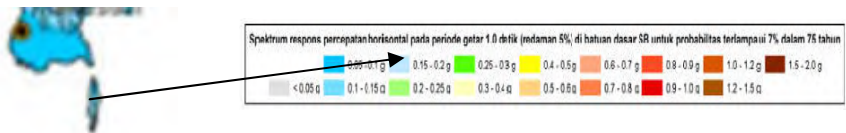
Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, \bar{v}_s (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata \bar{N}	Kuat geser niralir rata-rata \bar{S}_u (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

➤ Mencari Nilai S_s dan S_1



Gambar 5.12 Penentuan sesuai daerah gempa (S_s)

Diperoleh nilai $S_s = 0,275$ g



Gambar 5.13 Penentuan S_1 sesuai daerah gempa

Diperoleh nilai $S_1 = 0.175$

➤ Mencari Nilai F_a dan F_v

Tabel 5.13 Tabel Nilai F_a

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

PGA adalah percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 1 atau Gambar 4).

S_s adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 2 atau Gambar 5).

SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Diperoleh Nilai Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_a) = 1,58

Tabel 5.14 Tabel Nilai F_v

Tabel 4 - Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_r \leq 0.1$	$S_r = 0.2$	$S_r = 0.3$	$S_r = 0.4$	$S_r \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

S_r adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 3 atau Gambar 8).

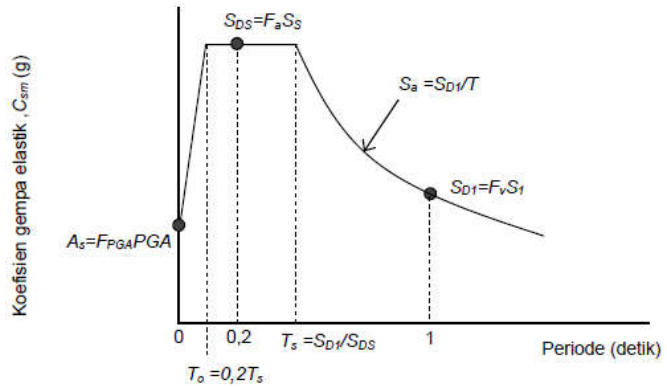
SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

Diperoleh Nilai Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) = 2.1

Percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) : 0,275 g
 percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) : 0,175 g
 Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar : 0,125 g
 Faktor amplifikasi percepatan pada perioda pendek (F_a): 1,58
 Faktor amplifikasi percepatan yang mewakili perioda 1 detik (F_v) : 2,1
 FPGA : 1,55

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &: F_v \times S_1 && : 2,1 \times 0,175 &= 0,368 \\
 S_{DS} &: F_a \times S_s && : 1,58 \times 0,275 &= 0,435 \\
 T_s &: S_{D1}/S_{DS} && : 0,368/0,435 &= 0,846 \\
 T_0 &: 0,2 \times T_s && : 0,2 \times 0,846 &= 0,169 \\
 A_s &: F_{PGA} \times PGA && : 1,125 \times 0,275 &= 0,309
 \end{aligned}$$

Koefisien gempa elastik:

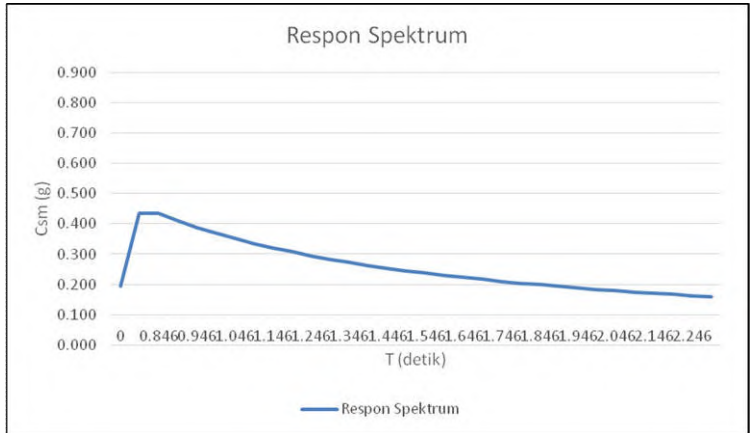


Gambar 5.14 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah

1. $C_{sm} = (S_{DS} - A_s) T/T_0 + A_s$
2. $C_{sm} = S_{DS}$
3. $C_{sm} = S_{D1}/T$

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	T (detik)	Csm (g)
0	0	0.194
To	0.169	0.435
Ts	0.846	0.435
Ts+0,05	0.896	0.410
Ts+0,05	0.946	0.389
Ts+0,05	0.996	0.369
Ts+0,05	1.046	0.351
Ts+0,05	1.096	0.335
Ts+0,05	1.146	0.321
Ts+0,05	1.196	0.307
Ts+0,05	1.246	0.295
Ts+0,05	1.296	0.284
Ts+0,05	1.346	0.273
Ts+0,05	1.396	0.263
Ts+0,05	1.446	0.254
Ts+0,05	1.496	0.246
Ts+0,05	1.546	0.238
Ts+0,05	1.596	0.230
Ts+0,05	1.646	0.223
Ts+0,05	1.696	0.217
Ts+0,05	1.746	0.211
Ts+0,05	1.796	0.205
Ts+0,05	1.846	0.199
Ts+0,05	1.896	0.194
Ts+0,05	1.946	0.189
Ts+0,05	1.996	0.184
Ts+0,05	2.046	0.180
Ts+0,05	2.096	0.175
Ts+0,05	2.146	0.171
Ts+0,05	2.196	0.167
Ts+0,05	2.246	0.164
Ts+0,05	2.296	0.160



Gambar 5.15 Grafik Perhitungan Respon Spektrum

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VI

ANALISA STRUKTUR

6.1. Analisis Struktur

Dalam analisis struktur digunakan program SAP 2000, dimana untuk analisis struktur SAP 2000 dan untuk struktur dermaga digunakan program SAP 2000 dengan model 3D. Hasil (output SAP 2000) dari analisis struktur dengan menggunakan proram ini yaitu berupa :

- Output momen, gaya geser, dan torsi.
- Output displacement, reactions, dan applied loads.
- Output momen (khusus untuk menganalisis plat lantai).
Untuk memperoleh momen lapangan dan momen tumpuan plat.

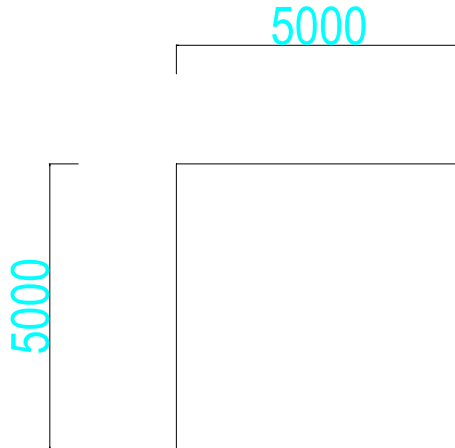
6.2. Model Struktur

Dalam model struktur disajikan bentuk struktur hasil analisa dengan menggunakan program SAP 2000 dalam bentuk Gambar. Sedang outputnya dapat dilihat dalam lampiran.

6.2.1. Model struktur Plat

Analisis struktur plat menggunakan program SAP 2000 SHELL untuk mendapatkan gaya – gaya yang bekerja pada plat. Tipe plat yang digunakan pada struktur dermaga dan trstle ada 3 macam yaitu : 6000 X 6000 mm untuk dermaga, 6000 x 4000 mm untuk trestle type A dan 6000x5000 mm untuk trestle type B. Asumsi plat tiap tipe dsajikan pada Gambar 6.1.

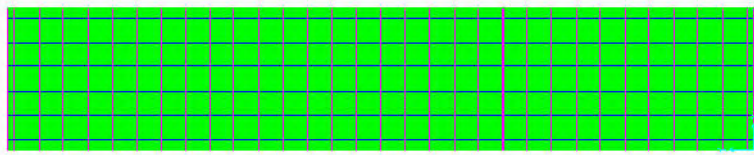
Dalam perhitungan momen plat dermaga, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit pada keempat sisinya. Lebih jelasnya lihat Gambar 6.1.



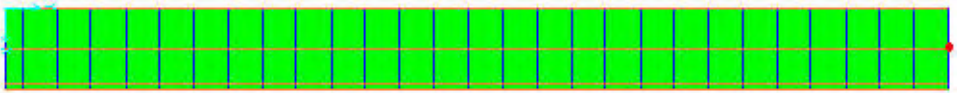
PELAT DERMAGA DAN TRESTLE

Gambar 6.1. Asumsi Plat

Sedang beban yang bekerja pada plat meliputi beban mati dermaga, beban hidup dermaga serta beban T terpusat akibat roda kendaraan, pipa dan semen. Berikut ini disajikan model struktur plat lantai dermaga. (tipe 6m x 6 m), plat lantai trestle (tipe A 6m x 4m), dan plat lantai trestle (type B 6m x 5m) yang dianalisa dengan menggunakan program SAP 2000 SHELL untuk mendapatkan momen yang bekerja pada plat tersebut, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar berikut ini.

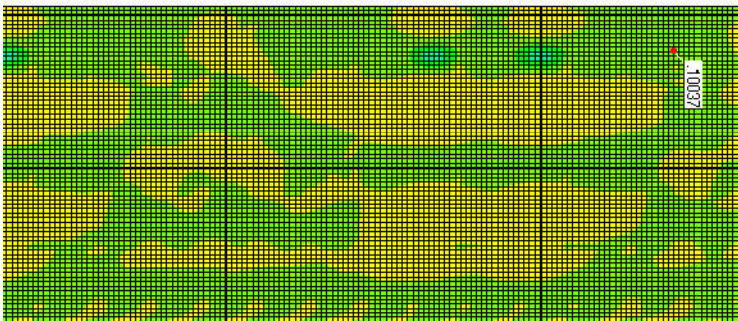


Gabar 6.2. Model Struktur Plat Dermaga

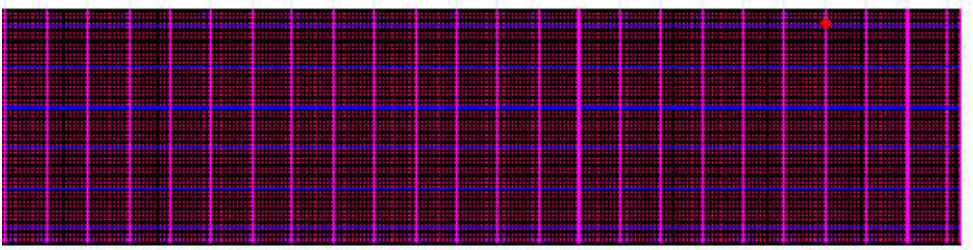


Gambar 6.3. Model Struktur Plat Trestle

Dalam analisis struktur plat (5m x 5m) bekerja beban mati merata, beban hidup merata, beban crane, truk dengan perlakuan beban – beban yang bekerja pada plat dapat dilihat pada gambar – gambar di bawah ini, sedang output dari analisis struktur plat dengan menggunakan program SAP 2000 disajikan dalam bentuk gambar kontur momen plat berupa M_{11} (Arah Y) dan M_{22} (Arah X) berikut ini.

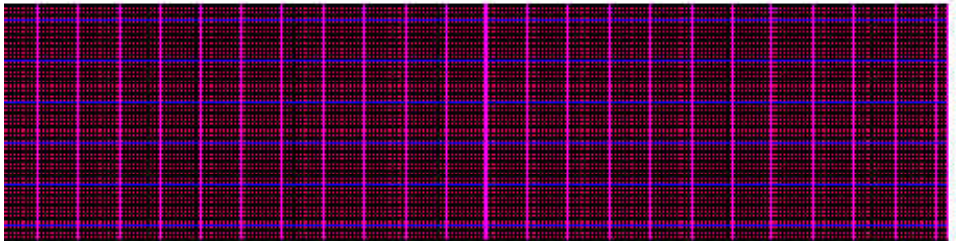


Gambar 6.4 Kontur momen plat akibat beban crane M11



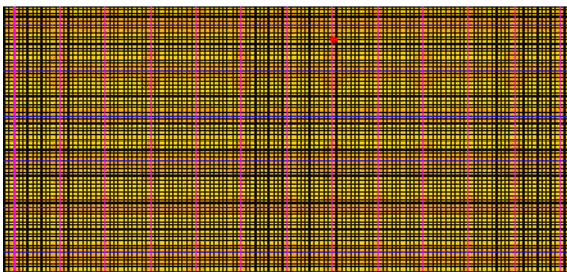
Gambar 6.5. Kontur Momen plat akibat kombinasi Max

M22 Momen maximum terjadi sebesar 16,4 tm.



Gambar 6.6. Kontur Momen Plat akibat kombinasi max

M11 Momen Maksimum terjadi sebesar 27,6 tm

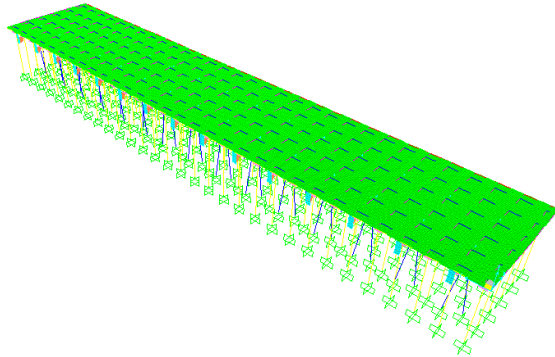


Gambar 6.7 Kontur momen M 11 akibat beban hidup merata
.Momen maksimum M 11 terjadi sebesar 24,36 tm

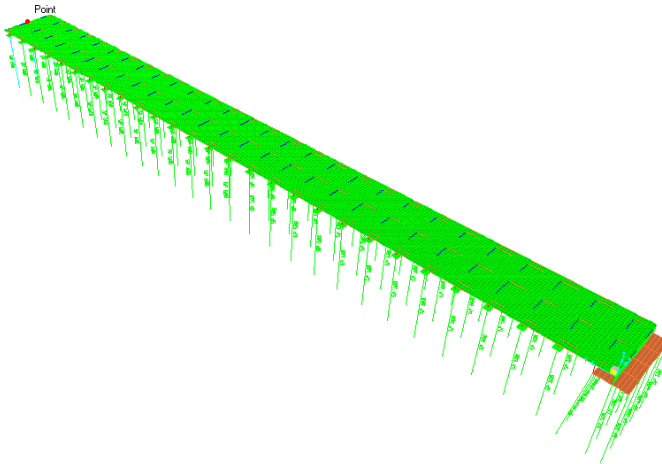
6.2.2. Model Struktur Dermaga Dan Trestle

Analisis struktur dermaga dan trestel menggunakan program SAP 2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya – gaya yang bekerja pada struktur dermaga.

Beban yang bekerja pada konstruksi dermaga dan trestel meliputi beban plat, beban hanyutan, beban tambat kapal (mooring load), beban sandar (berthing load), beban gempa. Berikut ini disajikan model struktur dermaga yang dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 berdasarkan beban – beban yang bekerja untuk mendapatkan momen yang bekerja pada balok-balok struktur.



Gambar 6.8. Model Struktur Dermaga



Gambar 6.9. Model Struktur Trestle

6.2.3. Output Struktur

Gaya – gaya yang diperoleh dari hasil analisis struktur dengan menggunakan program SAP 2000 (SAP 2000) yaitu berupa :

- Output momen, gaya geser, dan torsi
- Output Displacement, Reactions and applied loads
- Output momen (khusus untuk menganalisis plat lantai), untuk memperoleh momen lapangan dan momen tumpuan plat

Output SAP 2000 dari analisis struktur diatas dapat dilihat pada lampiran.

6. 3. Penulangan dan Kontrol Stabilitas Dermaga

6.3.1. Penulangan dan Kontrol Stabilitas pada Plat Lantai

6.3.1.1 Penulangan Plat Dermaga

Penulangan plat dermaga dan trestel dihitung dengan persamaan 2-31 sampai 2-40 , dengan mengambil gaya momen dari kombinasi beban yang dianalisa dengan SAP 2000.

Data rencana :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{yt} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{yv} = 240 \text{ Mpa}$$

$$T_b = 350 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan} = 22 \text{ mm} - 100$$

$$M_x = 2,318 \times 10^8 \text{ Nmm/mm}$$

$$M_y = 2,76 \times 10^8 \text{ Nmm/mm}$$

Perhitungan :

$$A_s \text{ Tulangan} = 0,25 \times \pi \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai D22-100} = \text{As tulangan} \times \left(\frac{1000}{100} \right)$$

$$= 3801,33 \text{ mm}^2$$

$$T = \text{As pakai} \times f_y$$

$$= 3801,33 \times 400$$

$$= 1520530,84 \text{ N}$$

$$a = \left(\frac{T}{0,85 \times f_c' \times 1000} \right)$$

$$= \frac{1520530,84}{0,85 \times 30 \times 1000}$$

$$= 59,629 \text{ mm}$$

Cek kemampuan nominal arah x :

$$Mn_x = M_x \times 0,8 \times 1000$$

$$= 2,318 \times 10^8 \times 0,8 \times 1000$$

$$= 1,8544 \times 10^{11} \text{ Nmm/m}$$

$$Mu_x = Mn_x \left(dx - \frac{a}{2} \right) \times 0,8$$

$$= 1,8544 \times 10^{11} \left(289 - \frac{59,629}{2} \right) \times 0,8$$

$$= 3,845 \times 10^{13} \text{ Nmm}$$

Kontrol : $M_x \text{ aktual} > M_{u_x} \text{ terjadi}$

$$: 3,845 \times 10^{13} > 2,318 \times 10^8 \text{ (OK)}$$

Cek kemampuan nominal arah y :

$$M_{n_y} = M_y \times 0,8 \times 1000$$

$$= 2,76 \times 10^8 \times 0,8 \times 1000 \text{ Nmm/m}$$

$$= 2,208 \times 10^{11}$$

$$M_{u_y} = M_{n_y} \times \left(d_y - \frac{a}{2} \right) \times 0,8$$

$$= 2,208 \times 10^{11} \left(267 - \frac{59,629}{2} \right) \times 0,8$$

$$= 4,1896 \times 10^{13} \text{ Nmm}$$

Kontrol : $M_{u_y} \text{ aktual} > M_{u_y} \text{ terjadi}$

$$: 4,1896 \times 10^{13} > 2,208 \times 10^8 \text{ (OK)}$$

6.3.2. Penulangan dan Kontrol Stabilitas Balok Dermaga

6.3.1.2 Kontrol Stabilitas Plat

Kontrol stabilitas pada plat lantai diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. Pengendalian terhadap struktur plat agar mempunyai kelayakan dengan cara memeriksa / mengontrol retakan dan lendutan yang ditentukan berdasarkan persamaan 2.36 sampai 2-39.

- **Kontrol Retak Pelat**

Retak pada peat terjadi disebabkan oleh momen yang bekerja pada plat tersebut, untuk menghindari bahaya retak pada plat tersebut perlu dilakukan kontrol retak pada plat yang mempunyai tebal 35 cm dan berukuran 6 x 6 m ditinjau tiap 1 m.

Retakan pada plat yang terlentur, bisa dianggap terkendali bila jarak titik berat ke titik berat tulangan pada masing – masing arah tidak melampaui harga terkecil dari D atau 300 mm. Maksudnya adalah tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan. dimana D adalah tinggi seluruh penampang melintang dalam bidang yang terlentur. Untuk perhitungan kontrol retakan pada plat disajikan dalam Tabel Tabel 6.1 berikut ini.

Type plat	Momen	S	Kontrol		Keterangan
			D	300 mm	
5 x 5 m dermaga	Mtx	100	350	300	OK
	Mlx	100	350	300	OK
	Mty	100	350	300	OK
	Mly	100	350	300	OK
5 x 5 m Trestle	Mtx	100	350	300	OK
	Mlx	100	350	300	OK
	Mty	100	350	300	OK
	Mly	100	350	300	OK

6.3.2.1. Penulangan Balok Dermaga

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan penulangan lentur dan geser akibat lentur dan torsi pada balok memanjang, dari SAP 2000 setelah itu dilakukan penulangan. Perhitungan tulangan lentur dihitung sesuai dengan persamaan 2.47 sampai 2.49, dan penulangan geser 2.57-2.60 dan torsi dihitung sesuai dengan persamaan 2.50 sampai 2.54.

Penulangan balok lainnya disajikan pada lampiran.

Data rencana :

$$\beta_1 = 0.85$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$D \text{ tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan torsi} = 25 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ tulangan geser} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{spasi antar lapis tulangan} : 50 \text{ mm}$$

Tulangan Tumpuan

6.3.2.1.1. Analisa Lentur

Data berikut :

$$Mu = 1022655200 \text{ Nmm}$$

$$d = h - d' = 900 -$$

$$75 - 10 - 12,5 = 802,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} =$$

$$\frac{1022655200}{0.8} = 1,27 \times 10^9$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'}$$

$$= \frac{400}{0.85 \times 30} = 15,686$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2}$$

$$Rn = \frac{1,27 \times 10^9}{500 \times 802,5^2} = 3,970$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.85 \times 0.85 \times \frac{30'}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0.0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 3,970}{400}} \right)$$

$$\rho = 0.010848$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho = 0.01085$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,01085 \times 500 \times 802,5$$

$$= 4352,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tul} = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (25^2) = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$n = 4352,622 / 490,625 = 9,87 = 9 \text{ buah.}$$

Jadi tulangan terpasang 9 - D25

$$A_{st} = \phi / 4 \times D^2 \times n$$

$$= 0,785 \times 625 \times 9 = 4415,625$$

Cek kemampuan Nominal

$$T = A_{st} \times f_y = 4415,625 \times 400 = 1766250 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} = 1766250 / (0,85 \times 30 \times 500) = 138,529 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi \times T \times (d - a / 2)$$

$$= 0,8 \times 1766250 \times (802,5 - 69,265)$$

$$= 1,04 \times 10^9$$

Mu actual > Mu yang terjadi

$$1,04 \times 10^9 \text{ Nmm} > 1,02 \times 10^9 \text{ Nmm} \quad \mathbf{OK}$$

6.3.2.1.2. Analisa Geser

Data rencana :

$$V_u = -764027 \text{ N}$$

$$b = 500$$

$$d = 900 - 75 - 10 - 11 = 804 \text{ mm}$$

Cek kemampuan nominal :

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c' x b x d}$$

$$= 1/6 x \sqrt{30} \times 500 \times 804 = 366974,1 \text{ N}$$

$$V_n = V_u / \phi = 764027 / 0,75 = 1018703 \text{ N}$$

$$V_u > 0,5 \phi V_c$$

$$764027 \text{ N} > 0,5 x 0,75 x 366974,1 \text{ N}$$

$$764027 \text{ N} > 137615 \text{ N} \dots\dots (\text{perlu tulangan geser})$$

$$V_{s\text{perlu}} = V_u - (0,75 x V_c)$$

$$= 764027 - (0,75 x 366974,1) = 488796,4149 \text{ N/mm}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$= 1018703 - 366974,114 = 651728,6 \text{ N}$$

Kontrol :

$$\Phi.V > V_{s\text{perlu}}, \text{ OK}$$

$$488796,4149 \text{ N/mm} \geq 488796,4149 \text{ N/mm}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{651728,5531}{390 \times 802,5} = 2,0846 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{vtot}}{s} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

$$\frac{A_{vtot}}{s} = 2,1544 + 2,0856 = 4,2389 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 3 kaki berdiameter 10 mm

$$s = \frac{A_v}{A_{vt} / s} \text{ dimana } A_v = \frac{\pi}{4} D^2 x n$$

$$A_v = \frac{3,14}{4} 10^2 x 3 = 235,5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{235,5}{4,2389} = 55,56 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

Maka digunakan sengkang D10 - 50

6.3.2.1.3. Analisa Torsi

Data rencana :

$$T_u = 149016600 \text{ Nmm}$$

$$b' = 75$$

$$b - 2b' = 500 - 2(75) = 350 \text{ mm}$$

Cek kemampuan nominal :

$$X1 = 500 - (2 \times 75) = 350 \text{ mm}$$

$$Y1 = 900 - (50 + 75) = 775 \text{ mm}$$

$$A_o = 0,85 \times x1 \times y1$$

$$= 0,85 \times 350 \times 775 = 230562,5 \text{ Nmm}$$

$$A_{cp} = b \times h = 500 \times 900 = 450000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (500 + 900) = 2800 \text{ mm}$$

$$P_h = 2 \times (x1 + y1) = 2250 \text{ mm}$$

$$T_u > \phi \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \times \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$149016600 \text{ Nmm} > 0,75 \frac{\sqrt{30}}{12} \times \frac{450000^2}{2800} \text{ Nmm}$$

$$14 \times 10^7 > 2 \times 10^7 \text{ Torsi di perhitungkan}$$

$$A_t/s = \frac{T_n}{(2 \times A_o \times f_y \times x1)}$$

$$T_n = T_u / \phi = 149016600 / 0,75 = 1,98 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{1,98 \times 10^8}{2 \times 230563 \times 400 \times 1} = 1,0772 \text{ mm}$$

$$\frac{bw}{6f_{yv}} = \frac{500}{6 \times 400} = 0,2083 \text{ mm}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal

$$\begin{aligned} Al &= \frac{At}{s} \times Phx \left(\frac{f_{yv}}{f_y} \right) \times \left(\frac{1}{\tan 45^\circ} \right) \\ &= 1,077 \times 2250 \times \frac{400}{400} \times 1 = 2423,691 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Al_{\min} &= \frac{5 \times A_{cp} \times \sqrt{f_c'}}{12 \times f_{yl}} - \frac{At}{s} \times Ph \times \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5 \times 450000 \times \sqrt{30}}{12 \times 400} - 1,0772 \times 2250 \times \frac{400}{400} \\ &= 2567,449 \text{ mm}^2 - 2423,6909 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Al_{\min} = 143,758 \text{ mm}^2$$

$$Al_{\text{pakai}} = 2423,69097 \text{ mm}^2 \text{ (} Al_{\min} \text{ dan } Al \text{ dipakai yang paling besar)}$$

Tumpuan

$$A_{st} = 4415,625 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = A_{st}/2 = 2207,813 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1211,8455 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sengkang} = \Phi 10 - 50$$

Pasang tulangan Daerah tumpuan :

$$\text{Tulangan lentur atas} : 9 \text{ D25 } a_{st} \rightarrow 4415,625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan lentur bawah} : 4 \text{ D25 } a_{sc} \rightarrow 1962,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan puntir} : 4 \text{ D22 } A_s \rightarrow 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = \Phi 10 - 50$$

Lapangan

$$A_{sc} = A_{st}/2 = 1962,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 3925 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1211,8455 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sengkang} = \Phi 10 - 50$$

Pasang tulangan Daerah lapangan :

Tulangan lentur atas : 5 D25 asc \rightarrow 2453,125 mm²

Tulangan lentur bawah : 8 D19 ast \rightarrow 3925 mm²

Tulangan geser : Φ 10 – 50

Tulangan puntir kiri : 4 D22 As \rightarrow 1519,76 mm²

Tulangan Sengkang = Φ 10 – 50

Sedangkan untuk hasil penulangan type balok yang lain dapat dilihat pada table 6.2

Tabel 6.2 Resume rebar balok

No	Type Balok	Tulangan Pasang			
		Tulangan Lentur Atas	Tulangan Lentur Bawah	Tulangan Geser	Tulangan Torsi
1	Balok melintang Dermaga (BD1)				
	Tumpuan	9 - D25	4 - D25	3 Φ 10 - 50	4 - D22
	Lapangan	5 - D25	8 - D25	3 Φ 10 - 50	4 - D22
2	Balok Memanjang Dermaga (BD2)				
	Tumpuan	6 - D25	3 - D25	2 Φ 10 - 50	4 - D22
	Lapangan	3 - D25	6 - D25	2 Φ 10 - 50	4 - D22
3	Balok melintang Trestle (BD1)				
	Tumpuan	5 - D19	3 - D19	2 Φ 10 - 50	3 - D19
	Lapangan	3 - D19	5 - D19	2 Φ 10 - 50	3 - D19
4	Balok Memanjang Trestle (BD2)				
	Tumpuan	5 - D19	3 - D19	2 Φ 10 - 50	4 - D19
	Lapangan	3 - D19	5 - D19	2 Φ 10 - 50	4 - D19

6.3.3. Penulangan Poer

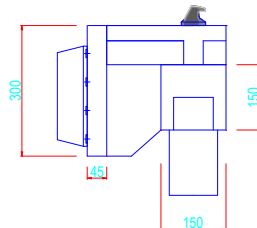
ada sub ini akan diuraikan penulangan poer berdasarkan dimensi poer dan tiang pancang yang digunakan. Tipe balok poer pada dermaga antara lain :

Tabel 6.3. Dimensi Poer Dermaga dan Trestel

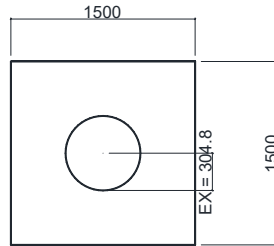
Type	Dimensi Poer (mm)	Jumlah Tiang	Keterangan
A	1500 x 1500 x 1500	1	Tiang tegak dermaga
B	3000 x 1500 x 1500	2	Tiang miring dermaga
C	1000x 1000x 1000	1	Tiang Trestle

6.3.3.1. Penulangan Poer Tipe A

Penulangan terhadap poer direncanakan untuk mengatasi eksentrisitas terhadap posisi tiang pancang rencana pada pelaksanaan. Pada poer type A as B-B, terdapat balok fender



Gambar 6.10 Poer Type A Dengan Balok Fender



Gambar 6.11 Asumsi Perhitungan Penulangan Poer A

Dimensi :

$$b = 1500 \text{ mm}$$

$$d' = 100 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$d = (1500 - 100 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29) = 1381,5 \text{ mm}$$

Mutu bahan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 29 \text{ mm}$$

Kontrol geser ponds

$$P_{\text{ijin}} = 217.715 \text{ T}$$

$$(1+DLA) \cdot P \cdot 2 < 2(a + b + 2D) D \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1+0,4) \times (217,715 \times 10^4) \times 2 \leq 2(914,4 + 914,4 + (2 \times 1500)) 1500 \times 1/6 \times \sqrt{(30')} \cdot 0.6$$

$$6096020 \text{ N} < 7934528 \text{ N}$$

Poer kuat menahan gaya geser.

$$\sigma_{akibat \text{ eksen trisitas}} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{akibat \text{ eksentrisitas}} = \frac{217,715 \times 10^4}{1500 \cdot 1500} \pm \frac{(217,715 \times 10^4) \times 0.5}{1/6 \cdot 1500 \cdot 1500^2}$$

$$\sigma_+ = 0.968 + 0.00194$$

$$= 0.970 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_- = 0.968 - 0.00194$$

$$= 0.966 \text{ N/mm}^2$$

$$M = 217,715 \cdot 10^4 \cdot x 457.2$$

$$= 995392980 \text{ Nmm}$$

Penulangan

$$M_u = 995392980 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 995392980 / 0.75$$

$$= 1327190640 \text{ Nmm}$$

$$m = f_y / 0.85 \cdot f_c' = 400 / (0.85 \cdot 30) = 15.686$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{1327190640}{1500 \cdot 1356,5^2}$$

$$= 0.481 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = 1.4/f_y = 1,4/400 = 0.0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right)}{400}$$

$$= 0.03251$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0.03251$$

$$= 0.0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,481}{400}} \right)$$

$$= 0,00121$$

$\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0.0035 \cdot 1500 \cdot 1356,5$$

$$= 7121,625 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi \times 29^2 \times 1500}{7121,63}$$

$$S = 139,052 = 130 \text{ mm}$$

Tulangan terpasang : D29 - 130 mm

$$A_{st} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (1500/S)$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 29^2 \cdot (1500/130)$$

$$= 7617,52 \text{ mm}^2$$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y = 7617,52 \cdot 400$$

$$= 3047008 \text{ N}$$

$$a = T / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$$

$$= 3047008 / (0.85 \cdot 30 \cdot 1500)$$

$$= 79,660 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi T \times (d - a/2)$$

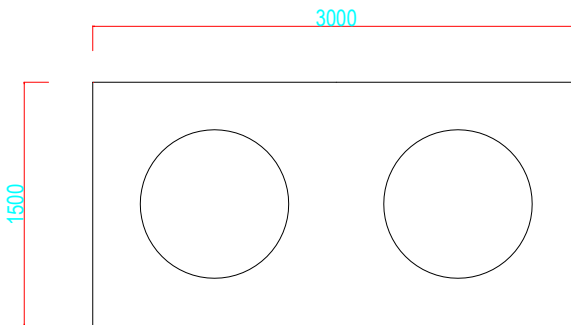
$$= 0.8 \times 3047008 \times (1356,5 - 79,660 / 2)$$

$$= 3209522490 \text{ N-mm}$$

$M_n > M$ terjadi, OK

6.3.3.2. Penulangan Poer Tipe B

Penulangan terhadap poer direncanakan untuk mengatasi eksentrisitas terhadap posisi tiang pancang rencana pada pelaksanaan.



Gambar 6.12 Asumsi Perhitungan Penulangan Poer B

Dimensi :

$$b_x = 1500 \text{ mm}$$

$$b_y = 3000 \text{ mm}$$

$$d' = 100 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$d = (1500 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 29) = 1385.5 \text{ mm}$$

Mutu bahan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 29 \text{ mm}$$

Kontrol geser ponds

$$P_{ijin} = 282,6008 \text{ T}$$

$$(1+DLA) \cdot P \cdot 2 < 2(a + b + 2D) \cdot D \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0,4) \cdot 282,6008 \cdot 10^4 \cdot 2 < 2(914,4 + 914,4 + 2 \cdot 1500) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 0,8$$

$$7912822,4 \text{ N} < 10579370,74 \text{ N}$$

Poer kuat menahan gaya geser.

$$\sigma_{akibat \text{ eksentrisitas}} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{akibat \text{ eksentrisitas}} = \frac{282,6008 \times 10^4}{3000 \cdot 1500} \pm \frac{282,6008 \cdot 10^4 \times 0,5}{\frac{1}{6} \cdot 3000 \cdot 3000^2}$$

$$\sigma_+ = 0,628 + 0,000314$$

$$= 0,628314 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_- = 0,628 - 0,000314$$

$$= 0,6277 \text{ N/mm}^2$$

$$M = 282,6008 \times 10^4 \times 457,2$$

$$= 1292050858 \text{ Nmm}$$

Penulangan

$$M_u = 1292050858 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 1292050858 / 0,75$$

$$= 1722734477 \text{ Nmm}$$

$$m = f_y / 0.85 \cdot f_c' = 400 / (0.85 \cdot 30) = 15,686$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{1722734477}{3000 \cdot 1385,5^2}$$

$$= 0,299 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = 1.4 / f_y = 1,4 / 400 = 0.0035$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 30 \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

$$= 0.0325$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0.03251$$

$$= 0.0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,299}{400}} \right)$$

$$= 0.000752$$

$\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned} A_{st} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0.0035 \cdot 3000 \cdot 1385,5^2 \\ &= 20155,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi \times 29^2 \times 3000}{20155,9}$$

$$S = 98,26 = 95 \text{ mm}$$

Tulangan terpasang : D29 - 95 mm

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (3000/95) \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \cdot (3000/95) \\ &= 3544.109 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 3544.109 \cdot 400 \\ &= 1417643.685 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 1417643.685 / (0.85 \cdot 30 \cdot 2500) \\
 &= 22.238 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 1417643.685 \times (910.5 - 22.238 / 2) \\
 &= 1020001692 \text{ N-mm}
 \end{aligned}$$

$\phi M_n > M$ terjadi, OK

6.3.3.3 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate

a) Luas Panjang tulangan dari tiang ke struktur atas (beton) secara praktis

$$A_{\text{tiang}} \cdot f_{y \text{ tiang}} = A_s \cdot f_{y \text{ tulangan}}$$

Diketahui , ($\varnothing 914,4 \text{ mm}$, $t = 16 \text{ mm}$)

- $A_{\text{tiang}} = 45135,616 \text{ mm}^2$
- $f_{y \text{ tiang}} = 240 \text{ Mpa}$
- $f_{y \text{ tulangan}} = 400 \text{ Mpa}$
- $P_u = 217,715 \text{ T}$

$$A_{s \text{ perlu}} \times f_{y \text{ tul}} \geq P_u / \phi$$

$$A_{s \text{ perlu}} \geq P_{u \text{ tiang}} / (\phi \times f_{y \text{ tulangan}})$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 2177150 / (0.7 \times 400) = 7775,54 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan 20 – D29

Sengkang menggunakan spiral $\phi 12 - 150$

b) Panjang penyaluran (L_{db})

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tarikan yaitu dihitung sesuai persamaan 2-68 sebagai berikut:

$$l_{db} = d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f'c'})}$$

$$l_{db} = 29 \cdot \frac{400}{(4\sqrt{30'})}$$

$$= 529,465 \text{ mm} = 550 \text{ mm}$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$0,04 \cdot d_b \cdot f_y = 0,04 \cdot 29 \cdot 400 = 464 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \text{Faktor modifikasi} &= A_{s \text{ perlu}} / A_{s \text{ terpasang}} \\ &= 7775,54 / 9106 \\ &= 0.854 \end{aligned}$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah :

$$\begin{aligned} L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} &= 529,465 \times 0.854 \\ &= 452,163 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 500 mm.

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut SNI 2847-03-2002 pasal 14.2 :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah :

$$l_d = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{30}} \cdot 29$$

$$= 1270,72 \text{ mm}$$

dipakai panjang berkas 1500 mm

c) **Kontrol Kekuatan Las**

Direncanakan dilas menggunakan E60xx maka:

Tegangan ijin tarik las (σ_e) : 460 Mpa

Direncanakan tebal las 5 mm

Kekuatan las =(keliling las x tebal las) x σ_e

$$= (3,14 \times 882) \times 460 \times 5$$

$$= 637,269 \text{ Ton}$$

$$637,269 \text{ T} > 217,715 \text{ T} \dots\dots\dots \text{OK}$$

d) **Base Plate**

Base plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base plate digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang dipikul oleh base plate :

$$P = A_{\text{base plate}} \cdot t \cdot BJ_{\text{baja}} + A_{\text{dalam tiang}} \cdot BJ_{\text{beton}}$$

$$P = (0.6112 \cdot 0.01 \cdot 7850) + 0,6112 \cdot 2400 \times 1,5$$

$$= 2,248 \text{ Ton}$$

- Perhitungan pengait base plat

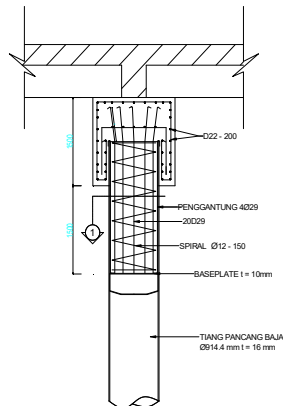
$$A = \frac{P}{\sigma} = \frac{2,248 \times 10^4}{1600} = 140,5 \text{ mm}$$

Digunakan 4 buah pengait

$$A_{\text{tiap pengait}} = \frac{140,5}{4} = 35,125$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 35,13}{3.14}} = 6,690 \text{ mm}$$

Dipasang 4 $\phi 29$ mm disambung dengan las ukuran 5mm .



Gambar 6.13. Panjang Penyaluran Tulangan Tiang Pancang $\phi 14.4$ mm

6.4 Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

6.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Digunakannya angka keamanan dalam menentukan daya dukung tiang pancang dimaksudkan untuk mengantisipasi kesukaran – kesukaran dalam menentukan sifat –sifat tanah ditempat dan didekat tiang pancang setelah tiang pancang tersebut dipancang atau diberlakukan dengan cara lain. Angka keamanan daya dukung tiang pancang menurut ***Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan*** (1980) adalah sebagai berikut :

Tabel 6.5. Angka Keamanan Gaya Tekan

	Normal (Biasa)	2,5 atau lebih
Selama Gempa Bumi	Tiang Pancang Dukung	1,5 atau lebih
	Tiang Pancang Gesekan	2,0 atau lebih

Untuk angka keamanan yang membagi gaya tarik maksimum tiang pancang adalah sebagai berikut :

Tabel 6.6. Angka Keamanan Gaya Cabut

Normal (Biasa)	3,0 atau lebih
Selama Gempa Bumi	2,5 atau lebih

Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas pondasi di analisa berdasarkan 2 kondisi, yaitu akibat beban horizontal dan beban vertical

6.4.1.1 Kapasitas Daya Dukung Vertikal

Dibawah ini adalah perhitungan daya dukung vertical tiang, dimana direncanakan sebagai berikut :

$$D = 914,4 \text{ mm}$$

$$L = 14,134 \text{ m}$$

Kedalaman (m)	Tebal lapisan (li)	Tanah	N	fi (t/m2)	li.fi (t/m)
1	34	0,00 - 23,00m Pasir kasar, berwarna abu-abu terang hingga gelap, sangat urai, non kohesif, jenuh air, tidak tekonsolidasi, sebagian mengandung kerang	24	4.8	4.8
2			24	4.8	4.8
3			21	4.2	4.2
4			21	4.2	4.2
5			21	4.2	4.2
6			27	5.4	5.4
7			27	5.4	5.4
8			24	4.8	4.8
9			24	4.8	4.8
10			24	4.8	4.8
11			31	6.2	6.2
12			31	6.2	6.2
13			31	6.2	6.2
14			31	6.2	6.2
15			31	6.2	6.2
16			29	5.8	5.8
17			29	5.8	5.8
18			32	6.4	6.4
19			32	6.4	6.4
20			32	6.4	6.4
21			37	7.4	7.4
22			37	7.4	7.4
23		40	8	8	
24		10	5	5	
25		10	5	5	
26		19	9.5	9.5	
27		19	9.5	9.5	
28		42	21	21	
29		42	21	21	
30		42	21	21	
31		39	19.5	19.5	
32		39	19.5	19.5	
33		43	21.5	21.5	
34		43	21.5	21.5	
N rata-rata =			29.6		306
35	4	35,00 - 40,00m Pasir lempungan, berwarna abu abu gelap, terkonsolidasi baik, konsistensi kaku dan keras, sedikit mengandung gravel halus, non plastis, basah	43	21.5	21.5
36			51	25.5	25.5
37			51	10.2	10.2
38			52	10.4	10.4
N rata-rata =			49.3		67.6
				?	373.6

Berdasarkan data tanah SPT pada dermaga tersebut, maka di peroleh :

N ujung tiang : 52

N rata – rata dari 4D ujung tiang ke atas :

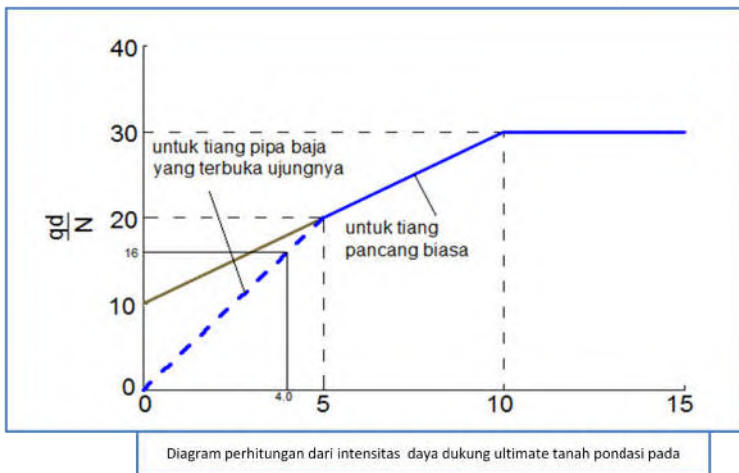
$$4D = 4 \times 914.4 \text{ mm} = 3658 \text{ mm} = 3.658 \text{ m}$$

$$N_{4D} = \frac{43 + 51 + 51 + 52}{4} = 49.25$$

$$N = \frac{52 + 49.25}{2} = 50.625$$

Perhitungan daya dukung ujung tiang sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} = \frac{1000 \text{ mm}}{914.4 \text{ mm}} = 1.094 \text{ m}$$



Gambar 6.15 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Berdasarkan pada diagram perhitungan dari intensitas daya dukung tiang, maka :

$$\frac{qd}{n} = 4$$

$$Q_d = 4 \times 50.625 = 202.5$$

$$Q_d \times A = 202,5 \times 451,585 \text{ cm}^2 = 132.913 \text{ t}$$

$$\text{Berat Tiang (Wp)} = 5,01 \text{ t/tiang}$$

Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang

$$U = 3.14 \times 914.4 \text{ mm}/1000 = 2,872 \text{ m}$$

$$R_f = U \times \sum li \cdot fi = 2,872 \times 373.6 = 1073,230 \text{ t}$$

$$R_u = q_d \times A + R_f = 132,913 + 1073,230 = 1206,143 \text{ t}$$

Daya Dukung Ijin

$$SF = 3$$

$$R_a = \left(\frac{R_u}{SF} \right) - W_p = \frac{1206,143}{3} - 5.01 = 397,037 \text{ t/tiang}$$

kontrol :

$$P = 195,314 \text{ t}$$

$$R_a > P \quad \text{OK}$$

Selanjutnya, perhitungan daya dukung pondasi akibat beban vertical pada tiang pancang lainnya dapat dilihat pada tabel 6.7:

Tabel 6.7 Daya dukung akibat beban vertikal

Diameter Tiang (mm)	posisi	Panjang (m)	Letak	Daya Dukung Tanah (ton/tiang)	Yang terjadi		Kontrol
					Gaya (t)	Kombinasi	
914.4	Lurus	48.85	Dermaga	397,037	195.314	DL+0.3EQx+EQy+LL+ML+CL	OK
914.4	Miring	48.85	Dermaga	397,037	341,047	DL+EQx+0.3EQy+LL+ML+CL	OK
711.2	Lurus	47.5	Trestle	368,851	57.5	DL+EQx+0.3EQy	OK

6.4.1.2 Kapasitas Daya Dukung Horizontal

Daya dukung horisontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diijinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan berdasarkan *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa*, dengan persamaan 2-75 berikut ini :

$$H_a = \frac{4 EI \cdot \beta^3}{1 + \beta} \cdot \delta_\alpha$$

dengan :

H_a = kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_o \cdot y^{-0.5}$$

$$k_o = 0,2 E_o \cdot D^{-3/4} \text{ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1 cm)}$$

$$y = \text{besarnya pergeseran yang dicari}$$

$$E_o = \text{modulus elastisitas tanah}$$

$$= 28 \text{ N}$$

$$h = \text{tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah}$$

$$\beta = \frac{\frac{1}{4} \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 E I}}}{\sqrt{\frac{k \cdot D}{4 E I}}}$$

$$6.5 \quad \text{Kapasitas Daya Dukung Horisontal Tiang } \phi 914,4 \text{ mm}$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_o = 28 \text{ N}$$

$$= 28 \cdot 24 = 672$$

$$h = 1085 \text{ cm}$$

$$\text{Pergeseran tiang di dasar pile cap } (\partial) = 1 \text{ cm}$$

$$I = 343000 \text{ cm}^4$$

$$k = (0,2 \cdot 672 \cdot 91,44^{-3/4}) \cdot 1^{-0.5}$$

$$= 4.55 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \frac{\frac{1}{4} \sqrt{\frac{4.545 \times 91,44}{4 \cdot 2100000 \cdot 343000,33}}}{\sqrt{\frac{4.545 \times 91,44}{4 \cdot 2100000 \cdot 343000,33}}}$$

$$= 0,00347 \text{ cm}^4$$

$$Ha = \frac{4.2100000.343000.33.0,00347^3}{\frac{1 + 0,00347 \times 1000}{1000}} \cdot 1$$

$$= 25,19 \text{ T}$$

Selanjutnya, perhitungan daya dukung akibat beban horizontal tiang pada tiang pancang lainnya, dapat dilihat pada tabel 6.8 :

Tabel 6.8 daya dukung akibat beban horizontal

Diameter Tiang (mm)	Panjang (m)	Letak	Ha	Yang terjadi		Kontrol
			(ton/tiang)	Gaya (t)	Kombinasi	
914.4	48.85	Dermaga	25.19	21	DL+0.3EQx+EQy+LL+ML+CL1	OK
711.2	47.5	Trestle	12.24	8.77	DL+EQx+0.3EQy	OK

Daya Dukung Kapasitas Bahan

Kekuatan tiang menahan beban vertikal dihitung menurut persamaan 2-80 :

$$\bar{\sigma} \geq \omega \frac{N}{A}$$

Dengan :

$\bar{\sigma}$ = tegangan ijin baja

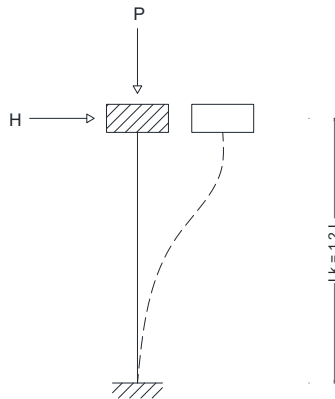
N = gaya tekan pada tiang

A = Luas Penampang tiang

adapun kekuatan tiang diuraikan dibawah ini.

- Tiang ϕ 914.4 mm

L tiang = 1413.4 m



Gambar 6.16 Asumsi Panjang Tekuk Tiang

Dengan asumsi perletakan ujung-ujung adalah jepit - jepit dengan ujung jepit yang satu bertranslasi bebas maka panjang tekuk adalah $1,2 L$.

Sehingga panjang tekuk adalah :

$$\begin{aligned} L_k &= 1.2 \times 1413.4 \text{ m} \\ &= 1696.08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{343000.33}{451,585}} \\ &= 27,560 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \sigma}}$$

$$= 3,14 \sqrt{\frac{210000}{0,7 \cdot 240}}$$

$$= 111$$

Faktor kelangsingan penampang :

$$\lambda = Lk / r$$

$$= 1696.08 / 27,560$$

$$= 61,540$$

$$\lambda_s = \lambda / \lambda_g$$

$$= 61,560 / 111 = 0,554$$

$$\omega = 1,41 / (1,593 - \lambda_s)$$

$$= 1.41 (1,593 - 0,554) = 1,357$$

➤ P tekan ijin

$$\tau_{tetap} \text{ (beban tetap)} = f_y / 1.5$$

$$= 2400 / 1.5 = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{sementara} = 1.3 \times 1600 = 2080 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{ijin \text{ tetap}} = \left(\frac{\tau \times A}{\omega} \right) = \left(\frac{1600 \times 451,585}{1.357} \right) = 532 \text{ ton}$$

$$P_{ijin \text{ sementara}} = \left(\frac{\tau \times A}{\omega} \right) = \left(\frac{2080 \times 451,585}{1,357} \right) = 692, 10 \text{ t}$$

532 t > P tekan terjadi

$$532 \text{ t} > 341.047 \text{ t (OK)}$$

Tabel 6.9. resume kekuatan tiang pancang

Diameter Tiang (mm)	Panjang (m)	Letak	Beban Tetap	Beban Sementara	P tekan Terjadi	Yang terjadi	Kontrol
			t	(t)		Kombinasi	
914.4	48.85	Dermaga	532.00	692,103	341,047	DL+EQx+0.3EQy+LL+ML+CL1	OK
711.2	47.5	Trestle	216,710	281,724	57.59	DL+EQx+0.3EQy	OK

- Daya Dukung Tiang Terhadap Gaya Cabut
Berdasarkan Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakasawa, perencanaan gaya tarik pada tiang pancang adalah dengan membagi kekuatan geser maksimum tanah terhadap dinding tiang dengan suatu angka keamanan.

$$SF = 5$$

$$RF = 1073.2 \text{ t}$$

Daya dukung terhadap gaya cabut :

$$= RF / SF = 1073.2 / 5 = 214.65 \text{ t}$$

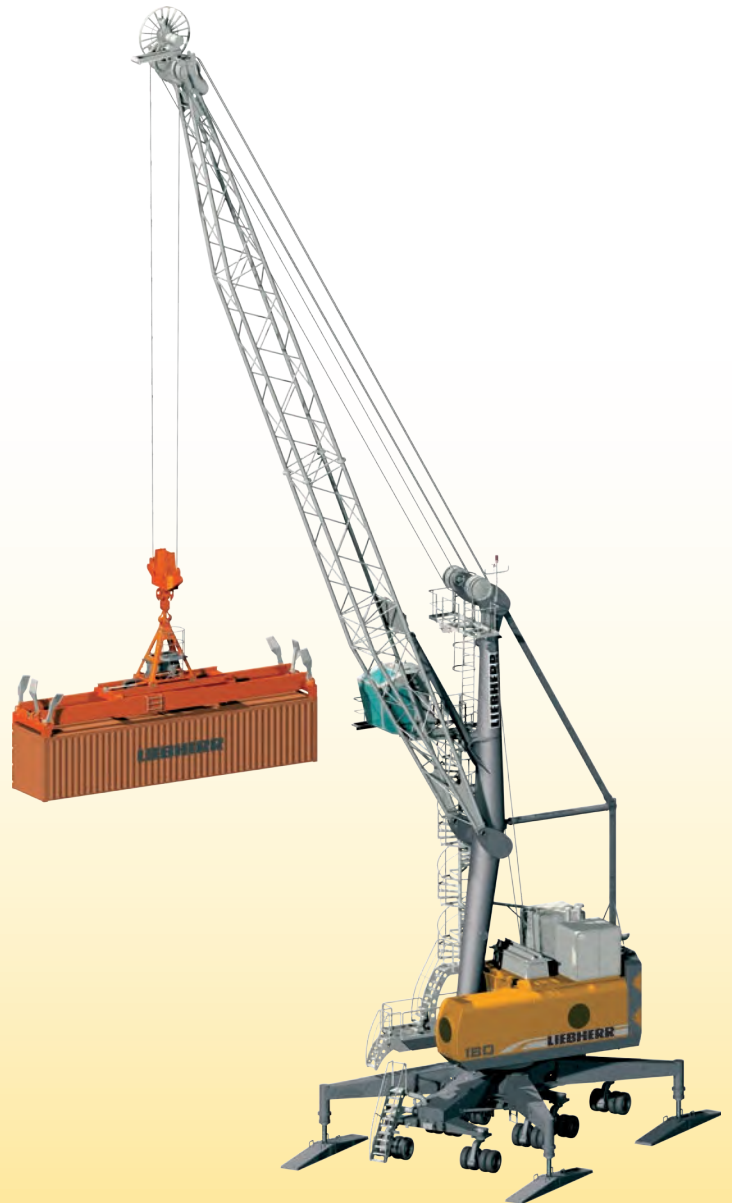
$$214.65 \text{ t} > P \text{ tarik terjadi}$$

$$214.65 \text{ t} > 194.8 \text{ t (DL+EQx+0.3EQy) OK}$$

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Mobile Harbour Crane

LHM 180

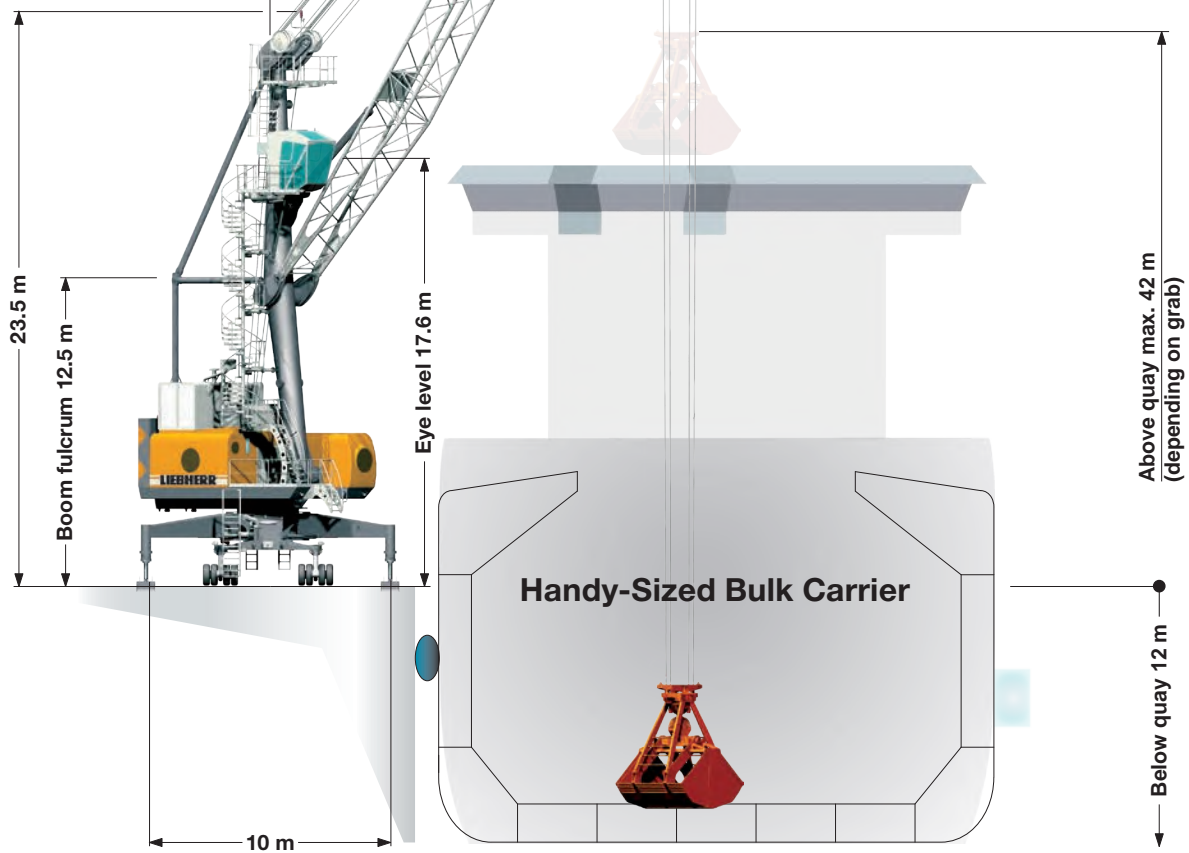
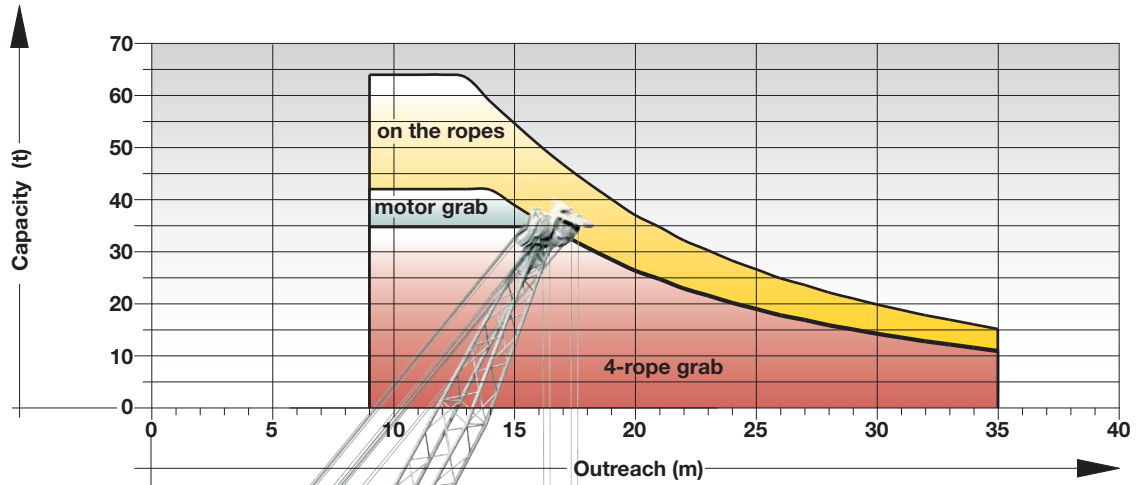


LIEBHERR

Main dimensions

Bulk operation

Load diagram



Bulk operation

Maximum crane capacity 64 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Grab operation	
		4-rope grab	motor grab
(m)	(t)	(t)	(t)
9-12	64.0	35.0	42.0
13	63.5	35.0	42.0
14	58.9	35.0	41.9
15	54.7	35.0	38.9
16	50.6	35.0	36.0
17	46.9	33.3	33.3
18	43.5	30.9	30.9
19	40.2	28.6	28.6
20	37.1	26.4	26.4
21	34.9	24.8	24.8
22	32.3	23.0	23.0
23	30.4	21.6	21.6
24	28.4	20.2	20.2
25	26.8	19.0	19.0
26	25.1	17.8	17.8
27	23.8	16.9	16.9
28	22.3	15.9	15.9
29	21.2	15.1	15.1
30	20.0	14.2	14.2
31	19.0	13.5	13.5
32	18.0	12.8	12.8
33	17.1	12.2	12.2
34	16.2	11.5	11.5
35	15.3	10.9	10.9

Weight ramshorn hook 2.2 t
Weight rotator 2.2 t

Maximum crane capacity 42 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Grab operation	
		4-rope grab	motor grab
(m)	(t)	(t)	(t)
9-12	42.0	24.0	30.0
13	42.0	24.0	30.0
14	42.0	24.0	30.0
15	42.0	24.0	30.0
16	42.0	24.0	30.0
17	42.0	24.0	30.0
18	42.0	24.0	30.0
19	40.2	24.0	28.6
20	37.1	24.0	26.4
21	34.9	24.0	24.8
22	32.3	23.0	23.0
23	30.4	21.6	21.6
24	28.4	20.2	20.2
25	26.8	19.0	19.0
26	25.1	17.8	17.8
27	23.8	16.9	16.9
28	22.3	15.9	15.9
29	21.2	15.1	15.1
30	20.0	14.2	14.2
31	19.0	13.5	13.5
32	18.0	12.8	12.8
33	17.1	12.2	12.2
34	16.2	11.5	11.5
35	15.3	10.9	10.9

Weight ramshorn hook 1.3 t
Weight rotator 1.5 t

Professional bulk handling - Turnover up to 800 t per hour

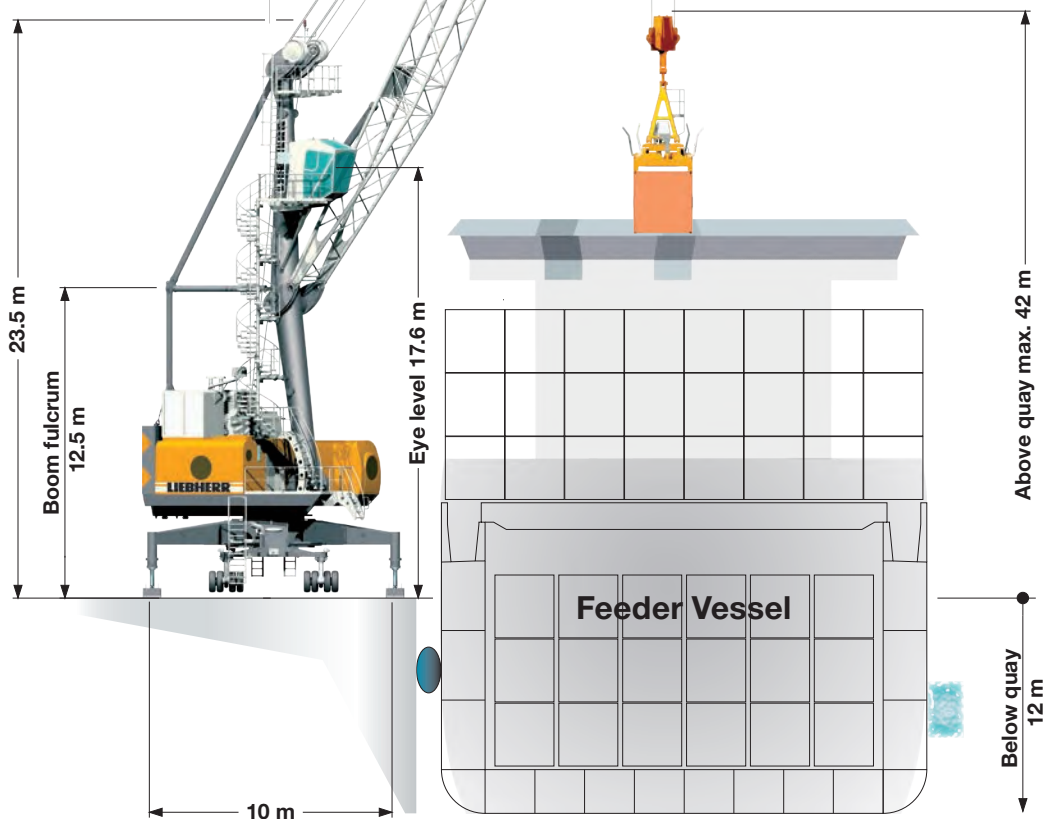
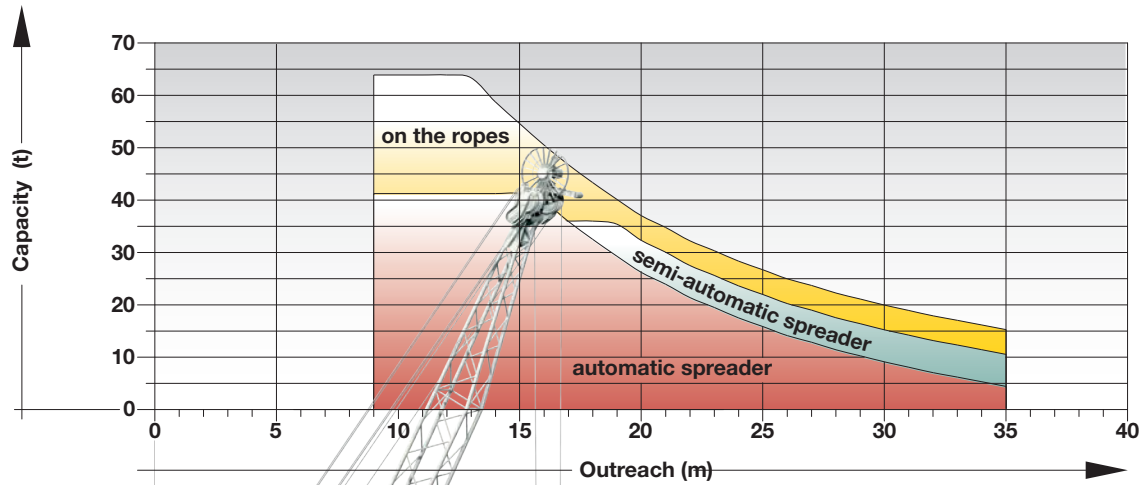
The powerful hydrostatic transmission and advanced Liebherr electronics ensure short, productive working cycles during bulk handling.

- During grab operation, hoisting, slewing, and luffing are driven simultaneously at maximized speed to achieve the highest (possible) turnover.
- During grab filling, features such as automatic lowering and hoisting guarantee the optimum filling level of the grab.
- The slack rope monitoring system ensures extended life-time of the ropes and increases operational safety.
- Reverse power is returned to the drive process through closed loop hydraulics which results in reduced fuel consumption.
- The Cycoptronic® anti-sway system automatically compensates for all rotational swing, transverse and longitudinal sway of the load at maximum speeds.
- To provide safe and stress-free working conditions for the operator, Liebherr offers the Cycoptronic® including teach-in® feature, a semi-automatic system, which pilots the crane from the vessel hatch to the quay without any sway. Especially for bulk operation into hoppers, the teach-in® system increases turnover and ensures consistent turnover rates during the entire ship unloading.
- Liebherr technology is absolutely resistant to all types of dust and dirt due to the closed hydraulic system and an electronic system which is military proven and tested.
- The airflow needed for cooling hydraulic and engine systems is routed external from the main machinery house. This helps keep the engine room clean and free of debris.

Main dimensions

Container operation

Load diagram



Container operation

Maximum crane capacity 64 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Capacity under 40° spreader	
		automatic	semi-automatic
(m)	(t)	(t)	(t)
9	64.0	41.0	36.0
10	64.0	41.0	36.0
11	64.0	41.0	36.0
12	64.0	41.0	36.0
13	63.5	41.0	36.0
14	58.9	41.0	36.0
15	54.7	41.0	36.0
16	50.6	39.4	36.0
17	46.9	35.7	36.0
18	43.5	32.3	36.0
19	40.2	29.0	35.4
20	37.1	25.9	32.3
21	34.9	23.7	30.1
22	32.3	21.1	27.5
23	30.4	19.2	25.6
24	28.4	17.2	23.6
25	26.8	15.6	22.0
26	25.1	13.9	20.3
27	23.8	12.6	19.0
28	22.3	11.1	17.5
30	20.0	8.8	15.2
32	18.0	6.8	13.2
34	16.2	5.0	11.4
35	15.3	4.1	10.5

Weight rotator 2.2 t

Weight fully automatic (telescopic) spreader 9 t

Weight semi-automatic spreader 1.3 t (20 ft), 2.6 t (40 ft)

Maximum crane capacity 42 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Capacity under 40° spreader	
		automatic	semi-automatic
(m)	(t)	(t)	(t)
9	42.0	31.5	36.0
10	42.0	31.5	36.0
11	42.0	31.5	36.0
12	42.0	31.5	36.0
13	42.0	31.5	36.0
14	42.0	31.5	36.0
15	42.0	31.5	36.0
16	42.0	31.5	36.0
17	42.0	31.5	36.0
18	42.0	31.5	36.0
19	40.2	29.7	36.0
20	37.1	26.6	33.0
21	34.9	24.4	30.8
22	32.3	21.8	28.2
23	30.4	19.9	26.3
24	28.4	17.9	24.3
25	26.8	16.3	22.7
26	25.1	14.6	21.0
27	23.8	13.3	19.7
28	22.3	11.8	18.2
30	20.0	9.5	15.9
32	18.0	7.5	13.9
34	16.2	5.7	12.1
35	15.3	4.8	11.2

Weight rotator 1.5 t

Weight fully automatic (telescopic) spreader 9 t

Weight semi-automatic spreader 1.3 t (20 ft), 2.6 t (40 ft)

Professional container handling – Turnover up to 35 cycles per hour

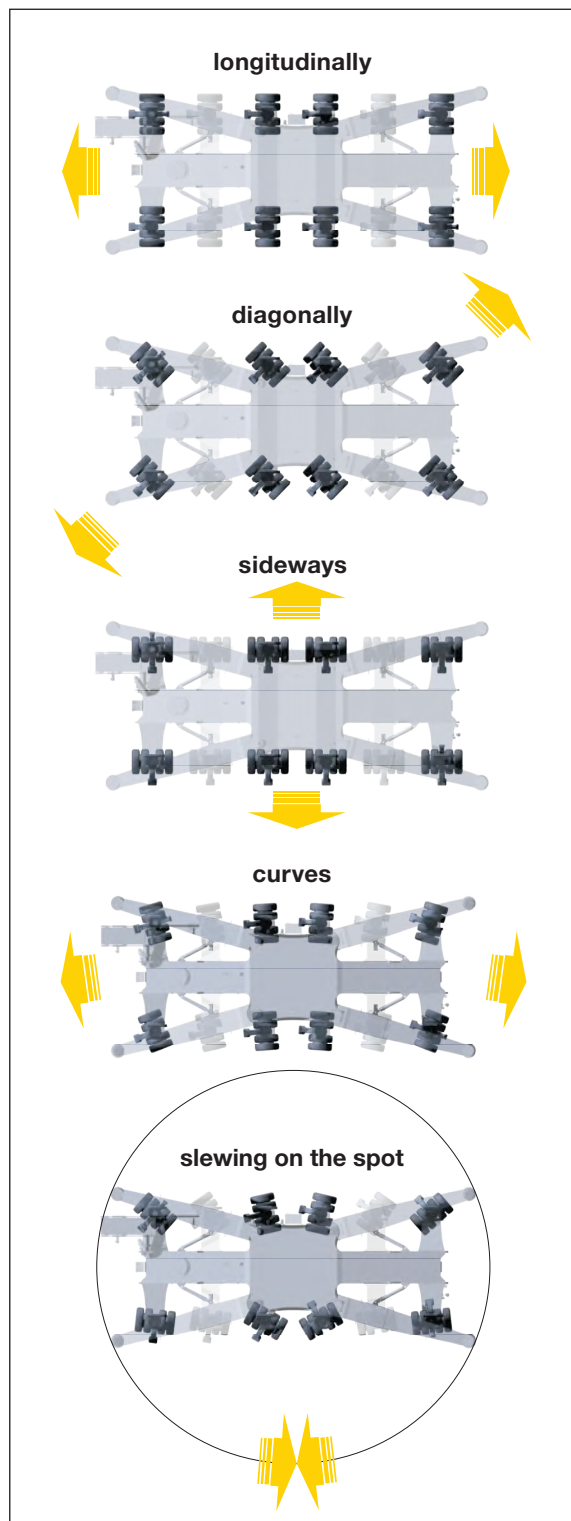
Precision to perfection: With incredibly short acceleration times for all crane motions, Liebherr is the top performer in container handling.

- The crane can be fitted with various types of spreaders (fixed or telescopic) connected to the rotator. Manual, semi or fully automatic telescopic spreaders are available for various container sizes.
- Liebherr Cycoptronic® is an accurate, sway-free load motion control system that uses in-house designed software. Cycoptronic® allows for direct load positioning and aids the crane driver in mastering his task. With Cycoptronic® turnover, safety and the confidence of the operator will be improved.
- Safety: The luffing cylinder is positioned above the lattice boom. This eliminates the possibility of any damage to the cylinder through swinging loads or highly stowed rows of containers on board the vessel.
- The Liebherr hydrostatic drive is the most reliable and highest performing drive system for mobile harbour cranes. Independent closed loop hydraulic systems utilize the minimum number of components to guarantee highly responsive, smooth and precise operation while maximizing operational safety.

Undercarriage

Mobility

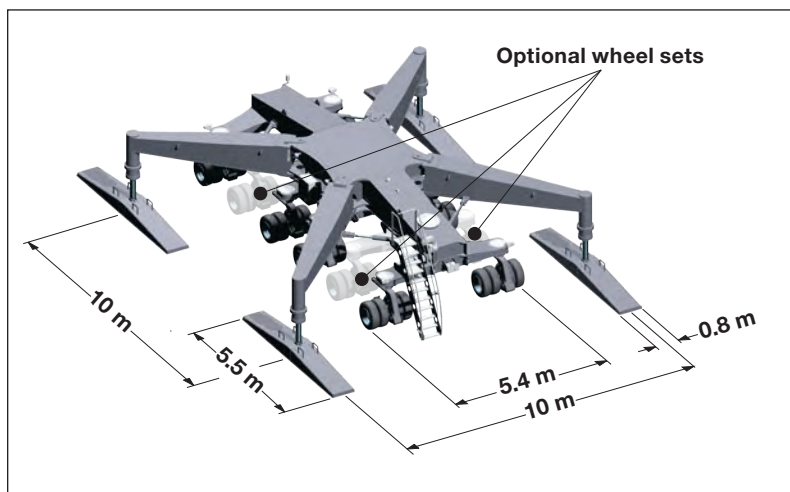
- Outstanding mobility and manoeuvrability
- Curves at any possible radii and even slewing on the spot



Schematic diagram

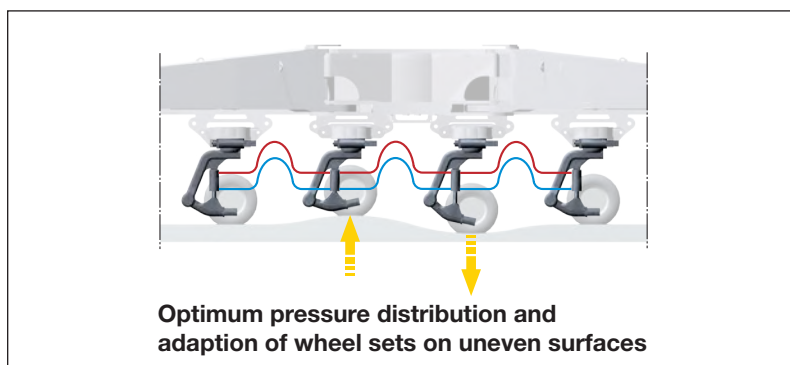
Modular propping system

- Minimised stress and strain of undercarriage due to cruciform support base which directs the load path from boom tip to quay
- Modular system allows further reduction of quay loads by installing additional axle sets
- Easy adaptation to various sizes of support pads and bases



Hydraulic load distribution

- Hydraulic suspension avoids overloading of individual wheel sets
- Standard trailer tyres making requisition of spares economical and time-saving
- Increased lifetime of tyres due to individually steerable wheel sets



Technical data

Capacity and Classification

	Capacity	Classification
Grab operation	< 24 t	A8
Grab operation	< 35 t	A7
Container	< 35 t	A7
Heavy lift	64 t	A4

Main dimensions

Min. to max. outreach	9—35 m
Height of boom fulcrum	12.5 m
Tower cabin height (eye level)	17.6 m
Overall height (top of tower)	23.5 m
Overall length of undercarriage	12.6 m
Overall width of undercarriage	5.4 m

Working speeds

Hoisting / lowering	0 — 90 m/min
Slewing	0 — 1.6 rpm
Luffing	0 — 83 m/min
Travelling	0 — 5.4 km/h

Propping arrangements

Standard supporting base	10 m x 10 m
Standard pad dimension	4 x 5.5 m x 0.8 m
Standard supporting area of pads	4.4 m ²
Optional size of supporting pads and bases on request	

Quay load arrangements

Uniformly distributed load	1.36 t/m ²
Max. load per tyre	5.2 t
Due to a unique undercarriage design its parameters (pad sizes, supporting base and number of axle sets) can easily be adapted to comply with the most stringent quay load restrictions.	

Weight

Total weight	approx. 165 t
--------------	---------------

Hoisting heights

Above quay at minimum radius	42 m
Above quay at maximum radius	19 m
Below quay level	12 m

Optional equipment

1. Cycoptronic® - anti-sway system
2. Teach-In - semi-automatic point to point system
3. Sycratronic® - synchronizing crane control system
4. Vertical Line Finder - diagonal pull preventing system
5. Dynamic anti-collision system
6. Lidat® - basic package
7. Lidat® - tele service package
8. Lidat® - turnover package
9. SCULI - crane analyzer with various features
10. Economy software - for optimised fuel consumption
11. Video monitoring system
12. Radio remote control
13. Autopropping undercarriage
14. Cyclone air-intake system for the engine
15. Low temperature package
16. Customer-specific painting & logo
17. Additional (driven) axle sets
18. Axle sets equipped with foamed tyres
19. Different supporting bases and pad sizes
20. And many more as per customers' requirements

Practical solutions



Liebherr develops and produces special designs and solutions to meet customer-specific requirements

- The Liebherr Portal Crane, LPS, is an efficient combination of a space-saving portal (mounted on rails) and the proven mobile harbour crane concept. Particularly on narrow quays, individual portal solutions permit (railway) trains and (road) trucks to travel below the portal.
- Liebherr Fixed Slewing Cranes (LFS) are an efficient combination of a mobile harbour crane upper carriage and a fixed pedestal. LFS cranes provide an economical and space-saving solution for the installation on quaysides and jetties, especially where room for manoeuvring is limited and low ground pressure is essential.

PROJECT PLTMG SELAYAR				DEPTH		40 m		ELEVATION		m			
LOCATION KORDINAT		COORDINATE		INCLINATION		Vertical		DRILLING RIG		TOHO D2G			
AVERAGE CORE REC. 89.5 %		DATE		DRILLER		DODIN ABIDIN		LOGGED		ALW			
LS : 06 03' 01,3" BT 120 27' 0,5"		FROM : SEP 205 TO OKT 2015											
DEPTH (m)	DATE	ROCK TYPE OR FORMATION	COLUMN SECTION	DESCRIPTION	ROCK GRADE	SPT	PERMEABILITY	GROUND WATER LEVEL (m)	CORE RECOVERY (%)	R. Q. D (%)	Cm	CORE BOXES PHOTOGRAPH	DEPTH (m)
1													1
2													2
3						24							3
4													4
5						21							5
6													6
7						27							7
8													8
9						24							9
10													10
11				0,00 - 23,00m Pasir kasar, berwarna abu-abu terang hingga gelap, sangat urai, non kohesif, jenuh air, tidak tekonsolidasi, sebagian mengandung kerang	CL - CM	31							11
12						31							12
13													13
14						31							14
15													15
16						29							16
17													17
18						32							18
19													19
20						37							20
21													21
22						40							22
23													23
24						10							24
25													25
26						19							26
27													27
28				23,00 - 36,00 Lempung pasir, berwarna abu-abu gelap hingga hitam, mengandung gravel halus, kohesif soil, agak terkonsolidasi, teguh, lembab, plastisitas rendah	CM	42							28
29													29
30						39							30
31													31
32						43							32
33													33
34						43							34
35													35
36						51							36
37				35,00 - 40,00m Pasir lempungan, berwarna abu abu gelap, terkonsolidasi baik, konsistensi kaku dan keras, sedikit mengandung gravel halus, nonplastis, basah	CM-CH	52							37
38													38
39													39
40						56							40

BAB VII

PENUTUP

7.1. Kesimpulan

Dari analisa Perencanaan Struktur Dermaga Batu Bara Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa penetapan tata letak dimensi ditetapkan sebagai berikut :
 - a. Dengan kapal rencana 10.000 DWT, ditetapkan dimensi dermaga dengan panjang 153 meter, lebar dermaga 29 meter, tinggi apron +3,5 m LWS dan kedalaman air rencana 10 m MSL.
 - b. Dimensi Trestel dengan panjang 550 meter, lebar 12 meter, dibagi dalam 4 segmen dengan panjang masing – masing segmen 137.5 m dan lebar 12 m.
 - c. Dimensi plat dermaga ditetapkan dengan ketebalan 35 cm. Sedangkan tebal pelat trestel 30 cm
 - d. Dimensi balok dermaga dan trestel ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 7.1. Dimensi Balok Dermaga

No.	Type Balok	Dimensi Terpakai
1	Balok memanjang	500 x 900
2	Balok melintang	500 x 900
3	Balok listplank	250 x 3000

Tabel 7.2. Dimensi Balok Trestel Terpakai

No.	Type Balok	Dimensi Terpakai
1	Balok memanjang	500 x 700
2	Balok melintang	500 x 700

2. Direncanakan menggunakan tiang pipa baja (pipe pile) berdiameter 914,4 mm tebal 16 mm untuk tiang tegak dan untuk tiang miring struktur dermaga, 711.2 mm dan tebal 16 mm untuk trestle.
3. Dimensi pile cap (poer) ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 7.3. Dimensi Pile Cap Terpakai

Type	Dimensi Poer (mm)	Jumlah Tiang	Keterangan
A	1500 x 1500 x 1500	1	Tiang tegak dermaga
B	3000 x 1500 x 1500	2	Tiang miring dermaga

Tabel 7.4. Penulangan pada plat dermaga dan trestle

No	Type Tulangan		Tulangan Terpasang
1	Lapangan Arah X	Atas	D22-100
		Bawah	D22-100
2	Lapangan Arah Y	Atas	D22-100
		Bawah	D22-100

3	Tumpuan Arah X	Atas	D19-100
		Bawah	D19-100
4	Tumpuan Arah Y	Atas	D19-100
		Bawah	D19-100

4. Resume tulangan pada balok dermaga sebagai berikut :

Tabel 7.5. Tulangan terpasang pada Balok Dermaga dan Trestel

No	Type Balok	Tulangan Pasang			
		Tulangan Lentur Atas	Tulangan Lentur Bawah	Tulangan Geser	Tulangan Torsi
1	Balok melintang Dermaga (BD1)				
	Tumpuan	9 - D25	4 - D25	3 ϕ 10 - 50	4 - D22
	Lapangan	5 - D25	8 - D25	3 ϕ 10 - 50	4 - D22
2	Balok Memanjang Dermaga (BD2)				
	Tumpuan	6 - D25	3 - D25	2 ϕ 10 - 50	4 - D22
	Lapangan	3 - D25	6 - D25	2 ϕ 10 - 50	4 - D22
3	Balok melintang Trestle (BD1)				
	Tumpuan	5 - D22	3 - D19	2 ϕ 10 - 50	4 - D19
	Lapangan	3 - D22	5 - D19	2 ϕ 10 - 50	4 - D19
4	Balok Memanjang Trestle (BD2)				
	Tumpuan	5 - D22	3 - D19	2 ϕ 10 - 50	4 - D19
	Lapangan	3 - D19	5 - D19	2 ϕ 10 - 50	4 - D19

5. Pada pilecap dipasang tulangan sebagai berikut :

Tabel 7.6. Tulangan Terpasang pada Pilecap

No.	Jenis Poer (mm)	Keterangan
1.	Type A (ϕ 914.4 tegak)	D25-100
2.	Type B (ϕ 914.4 miring)	D25-100

3	Type C ($\phi 711.2$)	D19 - 100
---	-------------------------	-----------

6. Struktur atas ditumpu oleh tiang pancang pipa baja, daya dukung tanah Dermaga ditentukan oleh daya dukung tanah pada titik bor 3 (Bore hole 3) :

- Tiang Dermaga $\phi 914.4$ mm,
 $P_{\text{Tekan terjadi}} = 341.97$ ton; $P_{\text{cabut terjadi}} = 194.76$ ton
- Tiang Trestle $\phi 711.2$ mm,
 $P_{\text{Tekan terjadi}} = 54.37$ ton ; $P_{\text{cabut terjadi}} = 53.54$ ton

Angka keamanan untuk gaya tekan aksial diambil 3 (beban tetap) dan gaya cabut aksial diambil 5 (beban tetap) sesuai *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan* (1980).

Hasil SAP 2000 beban maksimum yang terjadi :

Maka daya dukung tanah mampu menahan beban yang bekerja.

Sedangkan daya dukung pondasi yang diijinkan adalah sebagai berikut (SF = 3) :

No	TIANG PANCANG	Daya Dukung
		(t)
1	Baja Diameter 91.44 cm L = 48.85 m (Dermaga)	397.037
2	Baja Diameter 71.12 cm L = 47.5 m (Trestle)	380.918

Maka tiang pancang kuat menahan beban yang bekerja.

7.2. Saran

1. Dalam merencanakan struktur dermaga sebaiknya mengacu pada Standard for Port in Indonesia (1984) dan Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan (1980) kecuali dalam perencanaan struktur beton bertulang disarankan menggunakan SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung.
2. Untuk menentukan dimensi tiang yang sesuai, hendaknya melakukan asumsi tiang dengan dimensi tiang terkecil namun tidak mengabaikan kekuatan tiang dalam menahan beban yang bekerja, dan dalam menentukan ketebalan tiang hendaknya memperhatikan pengaruh korosi.
3. Dalam penetapan tata letak, posisi tiang pancang hendaknya memperhatikan kemudahan pemasangan (metode pelaksanaan) yang ada di lapangan.
4. Dalam perencanaan sebaiknya kemiringan tiang pancang untuk dermaga dipakai 1 : 6.

Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- BAAK. 2006. **Aturan Penyusunan Tugas Akhir**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jonathan Saputra Gary, .2012. **Perencanaan Struktur Dermaga Batubara PLTU Berau-Kalimantan Timur**. Proyek Akhir, Program Diploma 3 Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983**. Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Panitia Tehnik Konstruksi dan Bangunan.2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. (SK SNI 03-2847-2002)**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bridge Management System (BMS). 1992**. Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Perancangan jembatan terhadap beban gempa.2013**.Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta:. PT Pradnya Paramita.
- Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984**. Maritime Development Programme Directorate General of Sea Communications. Jakarta.
- Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan 1980**. Japan. Bureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport.
- Bridgestone. Japan. Marine Fender Design Manual**, Bridgestone Corp.
- Triadmodjo, Bambang. 2010. **Perencanaan Pelabuhan**, Beta Offset, Yogyakarta

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sumbawa, pada tanggal 14 Juni 1992, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD N 06 Utan, SMPN 1 Utan, dan melanjutkan di SMA N 1 Alas. Pada tahun 2011, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pada September 2015, penulis melanjutkan studi Diploma IV Teknik Sipil FTSP-ITS dengan NRP 3115.040.502. Di Program Studi Diploma IV Teknik Sipil ini Penulis mengambil konsentrasi Bangunan Transportasi.

Contact person :

egamargaputra304@gmail.com